



Martti Attila, Erja Kuusela, Marja Raekallio ja Outi Vainio (toim.)



Eläinanesiologia

Eläinanestesiologia

3. uudistettu painos

Toimittajat:

Martti Attila
Erja Kuusela
Marja Raekallio
Outi Vainio

Helsinki 2003

ISSN 1457-1528 (electronic)
ISSN 1457-1544 (printed)
ISBN 952-10-1464-4 (electronic)
ISBN 952-10-1463-6 (printed)

<http://ethesis.helsinki.fi>

Sisällysluettelo

Lukijalle	9
Kirjoittajat	10
Lyhenteet	11
1. Nukutus- ja rauhoitusaineiden vaikutuksen perusteet.....	13
<i>Martti Attila</i>	
Keskushermoston rakenne ja toiminta	13
Reseptorit	15
Keskushermoston toiminnalliset alueet	16
Uni- ja vireystilan säätely	19
Keskushermostoa lamaavat lääkeaineet	20
Yleisanestesia (nukutus)	22
Farmakokinetiikka	23
Miksi yhdistellä eri rauhoitusaineita ja anesteetteja?	25
2. Rauhoitus- ja esilääkitysaineet sekä herättäminen.....	26
<i>Martti Attila & Outi Vainio</i>	
Ryhmittelyongelma	27
Neuroleptit	28
Bentsodiatsepiinit	30
α_2 -Adrenergiset agonistit	32
Kloraalihydraatti	34
Guaifenesiini	35
Antikolinergit (parasympatolyytit)	35
Antagonistit herättämisessä	36
Sentraaliset analeptit	37
3. Kivun fysiologia	39
<i>Antti Pertovaara</i>	
Kipukomponentit ja kivun arviointi	39
Kivun välitysjärjestelmät	41
Kivun muuntelujärjestelmät	43
Kipujärjestelmän plastisuus	45
4. Opioidit eli euforisoivat analgeetit	48
<i>Martti Attila</i>	
Kivun luonne ja erityyppiset kipulääkkeet	48
Endogeeniset opioidit ja opioidireseptorit	49
Opioidit	51
Opioidien vaikutukset	51
Opioidien käyttö anestesiologiassa	53
Kliinisesti käytetyt opioidit	53

5. Tulehduskipulääkkeet	58
<i>Hanna Salonen & Erja Kuusela</i>	
Kuumetta alentava eli antipyreettinen vaikutus	59
Kipua lievittävä eli analgeettinen vaikutus	59
Tulehdusoireita poistava eli anti-inflammatorinen vaikutus	60
Haittavaikutuksia	61
“Kielletty tulehduskipulääkitys”	62
Lääkeaineita	63
6. Inhalaatioanesteetit	71
<i>Per Rosenberg</i>	
MAC	71
Kaasut	72
Höyrystyvät nesteet	72
7. Inhalaatioanesteettien jakaantuminen ja vaikutukset elimistöön	77
<i>Per Rosenberg</i>	
Kliinisesti merkityksellisimmät olosuhteet (“puskurit”)	77
Poistuminen elimistöstä	79
Anestesian vaikutus elimistöön	80
Anesteettien toksisuus	81
8. Anestesia-laitteistot ja hengitysjärjestelmät	83
<i>Per Rosenberg</i>	
Kaasulähde	83
Paineentasausventtiili	84
Rotametrit	84
Höyrystimet	85
Hengitysjärjestelmät	87
Kaasunpoistojärjestelmät	93
Anestesiakoneen valinta	93
9. Lihasselaksantit	95
<i>Outi Vainio</i>	
Asetyylikoliini hermo-lihasliitoksen välittäjäaineena	96
Lihasselaksanttien vaikutusmekanismit	97
Depolarisoivat lihasrelaksantit	97
Nondepolarisoivat lihasrelaksantit	98
Nondepolarisoivien lihasrelaksanttien vastavaikuttajat	99
Lihasselaksaation kliininen suoritus ja valvonta	100
Keskushermostoon vaikuttavat lihasrelaksantit	100
10. Puudutteet	101
<i>Marja Raekallio & Liisa Kaartinen</i>	
Yleisiä ominaisuuksia	101
Vaikutusmekanismi ja eliminaatio	101
Haittavaikutukset	102
Adrenaliini ja hyaluronidaasi puudutteissa	102
Esterirakenteiset puudutteet	103
Amidirakenteiset puudutteet	104

Muita puuduttavia aineita	105
11. Balansoitu anestesia	106
<i>Outi Vainio</i>	
Barbituraatit	107
Propofoli	111
Ketamiini ja tiletamiini	112
Amantadiini	113
Opioidit	113
Steroidianesteetit	113
Etomidaatti	114
Kloraalihydraatti	114
12. Neste-, elektrolyytti- ja happo-emästasapaino	115
<i>Marja Raekallio & Irmeli Happonen</i>	
Nesteet	115
Nestetasapainohäiriöt	115
Elektrolyyttitasapainohäiriöt	117
Happo-emästasapainohäiriöt	119
13. Veri ja verivalmisteet	121
Koira ja kissa	121
<i>Anna-Kaisa Järvinen</i>	
Veriryhmät	121
Veren otto, säilytys ja siirto	122
Indikaatiot ja annostus	123
Verensiirron hättävähäiriöt	125
Hevonen	126
<i>Kati Niinistö</i>	
Hevosen veriryhmät	126
Luovuttaja ja verenotto	126
Veren-/plasmansiirron toimenpiteet	127
Indikaatiot veren- tai plasmansiirtoon	127
Siirtoreaktiot	127
14. Shokin patofysiologia ja hoito	129
<i>Riitta-Mari Tulamo</i>	
Shokin patofysiologia	129
Shokkipotilaan kliiniset oireet	134
Shokin nestehoito	135
Nestehoidon komplikaatiot	136
Shokkipotilaan muu hoito	136
15. Potilaan arviointi ennen anestesiaa	138
<i>Maija Rähä & Marja Raekallio</i>	
Anamnestiset tiedot	138
Eläimen kliininen tutkiminen ennen anestesiaa	138
16. Yleistä anestesia-laitteiden ja ventilaattoreiden käytöstä	141
<i>Erja Kuusela</i>	
Anestesia-laitteen toiminnan tarkastaminen	141

Eläinpotilaan ventilointi anestesian aikana	141
Anestesiaventilaattorit	142
17. Intubaatio ja laskimokanylointi	143
<i>Jan Rähä, Marja Raekallio & Erja Kuusela</i>	
Intubaatio	143
Laskimokanylointi	145
18. Anestesian seuranta	147
<i>Marja Raekallio, Jan Rähä & Erja Kuusela</i>	
Sydän ja verenkiertoelimistö	147
Hengityselimistö	148
Keskushermosto	149
Lämmönsäätely ja virtsaneritys	150
19. Heräämisen valvonta	151
<i>Erja Kuusela, Maija Rähä, Jan Rähä & Marja Raekallio</i>	
Mitä herätessä tapahtuu?	151
Toiminta heräämisvaiheen aikana	151
Trakeotuubin poisto	152
20. Perioperatiivisen ja kroonisen kivun lievitys	154
<i>Outi Vainio & Erja Kuusela</i>	
Preoperatiivinen vaihe	154
Intraoperatiivinen vaihe	155
Postoperatiivinen vaihe	156
Kivun voimakkuuden arviointi	156
Erityisryhmät	157
Leikkauksen jälkeisen kivunhoidon vaihtoehdot	157
21. Anestesian ongelmia ja vaaratilanteita	163
<i>Maija Rähä, Marja Raekallio, Jan Rähä & Erja Kuusela</i>	
Sydän- ja verenkiertoelimistö	163
Hengityselimistö	165
Lämmönsäätely ja virtsaneritys	167
Pieneläinten elvytys	168
Suureläinten elvytys	170
Esivalmistelut ja anestesian valinta	172
22. Koiran anestesia	172
<i>Erja Kuusela, Maija Rähä & Jan Rähä</i>	
Esilääkitys ja rauhoitus	172
Paikallinen ja alueellinen puudutus	174
Yleisanestesia	177
Erityispotilaiden anestesia	180
23. Kissan anestesia	183
<i>Erja Kuusela</i>	
Esivalmistelut	183
Rauhoittaminen ja esilääkitys	183
Injisoitavat anesteetit	185
Paikallinen ja alueellinen puudutus	185

Yleisanestesia	186
Kissan anestesiassa huomioitavaa	187
24. Hevosen sedaatio ja anestesia	188
<i>Marja Raekallio</i>	
Esivalmistelut	188
Esilääkitys ja rauhoitus	188
Paikallinen ja alueellinen puudutus	189
Kaato ja yleisanestesia	190
Herääminen	192
Anestesian komplikaatioita	192
25. Sian sedaatio ja anestesia	194
<i>Marja Raekallio</i>	
Esivalmistelut	194
Esilääkitys ja rauhoitus	194
Paikallinen ja alueellinen puudutus	195
Yleisanestesia	195
Herääminen	197
26. Naudan anestesia	198
<i>Erkki Pyörälä</i>	
Eläimen rauhoitus	198
Paikallinen ja alueellinen puudutus	199
Naudan yleisanestesia	204
Villiintynyt nauta	205
27. Lampaan ja vuohen anestesia	206
<i>Marja Raekallio</i>	
Esivalmistelut	206
Esilääkitys ja rauhoitus	206
Paikallispuudutukset	207
Yleisanestesia	207
28. Kaniinin ja jyräjoiden anestesia	210
<i>Timo Soveri</i>	
Esivalmistelut	210
Anesteettien antotavat	211
Analgesia ja esilääkitys	212
Yleisanestesia	213
29. Eläinkokeen anestesian suunnittelu	218
<i>Timo Nevalainen & Hanna-Marja Voipio</i>	
Potilas- vai tutkimusanestesia	218
Nukutettu vai tajuinen eläin	218
Mittausten harhattomuus	219
Nukutuksen vakaus	219
Yksinkertainen on paras	220
Tutkimuksessa käytettäviä nukutusmenetelmiä	220
Tutkimusanestesian erityispiirteitä jyräjöillä	221

30. Lintujen anestesia	224
<i>Kristiina Kontio-Jalanka</i>	
Potilaan arviointi ja esivalmistelut	224
Lääkeaineiden antotavat	225
Esilääkitys	225
Yleisanestesia	226
Anestesian seuranta ja elvytys	228
Strutsin anestesia	229
31. Matelijoiden anestesia	232
<i>Timo Soveri</i>	
Esivalmistelut	232
Kipulääkitys	232
Esilääkitys	232
Paikallispuudutus	233
Yleisanestesia	233
Hengityspysähdykset	234
Herääminen	234
32. Luonnonvaraisten ja eläintarhan eläinten immobilisaatio ja anestesia ...	235
<i>Eeva Rudbäck</i>	
Indikaatio, vastuu ja eläinsuojelu	235
Yksineläjä vai lauman jäsen; syöjä vai syötävä, yö- vai päiväaktiivinen?	236
Tunne eläinlaji ja vältä ääriolosuhteita!	236
Ajattele kahdesti, tee kerran... ..	237
Välineet ja menetelmät	237
Aineiden ja välineiden historiaa	239
Immobilisaatiossa ja anestesiassa käytettyjä aineita	239
33. Turkiseläinten anestesia	245
<i>Liisa Wallenius</i>	
34. Kalojen anestesia	247
<i>Perttu Koski</i>	
35. Eutanasia	250
<i>Jan Rähä, Marja Raekallio & Timo Soveri</i>	
Pieneläimet	250
Suureläimet	251
36. Lääkeaineiden käyttöön liittyvät määräykset	253
<i>Liisa Kaartinen</i>	
Huumausaineet ja PKV-lääkkeet	253
Muita lääkesäädöksiä	253
Kirjallisuutta	255
Liite 1. Kauppanimien ja vaikuttavien aineiden luettelo	259
Hakemisto	267

Lukijalle

Eläinanestesiologia on tieteen alana kehittynyt voimakkaasti oppikirjan edellisen painoksen ilmestymisen jälkeen. Monipuolinen tarve eläinten kivun lievittämiseen ja tehohoidon antamiseen ovat lisääntyneet, joten näihin aiheisiin on panostettu. Teksti on myös muilta osin saatettu ajan tasalle: moni luku on kirjoitettu uudelleen, aihealueita on ryhmitelty toisin, niitä on lisätty ja poistettu. Oppikirja vastaa toimituskunnan tämän hetken käsitystä eläinten hyvästä nukutuskäytännöstä, joka perustuu tieteelliseen näyttöön ja vankkaan kokemukseen. Lainsäädäntömme asettamat rajoitukset erityisesti tuotantoeläinten lääkitsemiselle on pyritty muistamaan.

Kirjoittajakunta on muuttunut. Joidenkin lukujen kirjoittaja on vaihtunut, osa on saanut rinnalleen yhden tai useamman asiantuntijan. Tällä tavalla on haluttu varmistaa, että konkarien lisäksi uudet osaajat ovat päässeet jakamaan tietonsa lukijoiden käyttöön. Kiitämme syvästi kaikkia eri painosten kirjoittamiseen osallistuneita. Erityisesti haluamme kiittää Liana Simosta tekstin ja kuvien editoinnista sekä seuraavia henkilöitä siitä, että he luovuttivat kannen valokuvat korvauksetta käyttöömmeh: Hanna Kaaja, Anna Meller, Kati Niinistö ja Reeta Pösö.

Erikseen haluamme huomioida kahta henkilöä, jotka ovat poistuneet joukostamme. Merkittävän työpanoksen eläinanestesiologian hyväksi antoi edesmennyt eläinlääketieteen tohtori, dosentti Harry Jalanka. Hänen ensimmäiseen painokseen kirjoittamansa osuudet ovat runsaan vuosikymmenen jälkeen edelleen käyttökelpoisia ja suurelta osin ajan tasalla. Harry Jalangan asiantunteva kädenjälki näkyy edelleen kirjan luvuissa 28, 30 ja 32. Kiitollisina muistamme Harryn asialleen omistautuneena opiskelutoverina, eläinlääkärinä ja tutkijana, joka ennakkoluulottomasti kohtasi kulaanien, lumileopardien, gerbiilien ja strutsien nukuttamisen haasteet.

Professori Markus Sandholm menehtyi vaikeaan sairauteen kesällä 1999. Ensimmäinen Eläinanestesiologian oppikirja syntyi hänen aloitteestaan. Markus Sandholmin idearikas osallistuminen näkyi merkittävänä myös toisen painoksen luvuissa kirjoittajana ja toimittajana sekä havainnollisten kuvien suunnittelijana. Kolmannessa painoksessa hänen osuuttaan on merkittävästi jäljellä luvuissa 1, 2, 4 ja 5. Kiitollisuuden ja kunnioituksen osoituksena Markukselle omistamme Eläinanestesiologia –oppikirjan kolmannen painoksen hänen muistolleen työtoverina, tutkijana, opettajana ja oppikirjojen tekijänä.

Helsingissä, 12. joulukuuta 2003

Martti Attila, Erja Kuusela, Marja Raekallio, Outi Vainio

Kirjoittajat

Attila, Martti, *FaT, dos.*, Farmakologian ja toksikologian oppiaine, KLEL, Eltdk, HY

Happonen, Irmeli, *ELT, dos.*, Sisätautien oppiaine, KLEL, Eltdk, HY

Järvinen, Anna-Kaisa, *ELT, prof.*, Sisätautien oppiaine, KLEL, Eltdk, HY

Kaartinen, Liisa, *ELT, dos.* Lääkelaitos / Myyntilupasiihteeristö, Helsinki

Kontio-Jalanka, Kristiina, *ELL*, Kauniainen

Koski, Perttu, *ELL*, EELA, Oulun alueyksikkö

Kuusela, Erja, *ELL*, Kirurgian oppiaine, KLEL, Eltdk, HY

Nevalainen, Timo, *ELT, prof.*, Fysiologian oppiaine, PEL, Eltdk, HY

Niinistö, Kati, *ELL*, Sisätautien oppiaine, KLEL, Eltdk, HY

Pertovaara, Antti, *LKT, prof.*, Fysiologian osasto, Biolääketieteen laitos, Turun yliopisto

Pyörälä, Erkki, *ELL*, Saaren eläinklinikka, Saarentaus, HY

Raekallio, Marja, *ELT, dos.*, Kirurgian oppiaine, KLEL, Eltdk, HY

Rosenberg, Per, *LKT, prof.*, Anestesiologian osasto, Kliinisen farmakologian laitos, HY

Rudbäck, Eeva, *ELL*, Korkeasaaren eläintarha, Helsinki

Räihä, Jan, *ELT, dos.*, Espoon eläinsairaala, Espoo

Räihä, Maija, *ELL*, Espoon eläinsairaala, Espoo

Salonen, Hanna, *ELL*, Farmakologian ja toksikologian oppiaine, KLEL, Eltdk, HY

Soveri, Timo, *ELT, prof.*, Saaren yksikkö, KLEL, Eltdk, Saarentaus, HY

Tulamo, Riitta-Mari, *ELT, prof.*, Kirurgian oppiaine, KLEL, Eltdk, HY

Vainio, Outi, *ELT, prof.*, Farmakologian ja toksikologian oppiaine, KLEL, Eltdk, HY

Voipio, Hanna-Marja, *ELT, dos.*, koe-eläinkeskus, Oulun yliopisto, Oulu

Wallenius, Liisa, *ELL*, Turkiseläinlaboratorio, Vaasa

HY = Helsingin yliopisto, Eltdk = Eläinlääketieteellinen tiedekunta, KLEL = Kliinisen eläinlääketieteen laitos, PEL = Peruseläinlääketieteen laitos

Lyhenteet

5-HT	= 5-hydroksitryptamiini (serotoniini)
ACD-liuos	= hapan sitraatti-glukoosiliuos (acidic citrate dextrose)
ACTH	= kortikotropiini, lisämunaaisen kuorikerrosta stimuloiva hormoni (adrenocorticotrophic hormone)
ADH	= antidiureettinen hormoni (vasopressiini)
AFOS	= alkalinen fosfataasi
ALAT	= alaniiniaminotransferaasi
ARAS	= nouseva retikulaarinen aktivaatiojärjestelmä (ascending reticular activating system)
ASAT	= aspartaattiaminotransferaasi
ATP	= adenosiinitrifosfaatti
AV-katkos	= eteis-kammiokatkos
BMR	= perusaineenvaihdunta (basal metabolic rate)
c-FOS	= 'varhainen geeni'
c-JUN	= 'varhainen geeni'
cAMP	= syklinen adenosiinimonofosfaatti (cyclic adenosine monophosphate)
cGMP	= syklinen guanosiinimonofosfaatti (cyclic guanosine monophosphate)
COX	= syklo-oksigenaasi (cyclooxygenase)
CPDA-1	= sitraatti-fosfaatti-glukoosi-adeniiniliuos (citrate phosphate dextrose adenine)
CTZ	= aivojen oksennuskeskuksen sisältävä alue (chemoreceptor trigger zone)
CVP	= keskuslaskimopaine (central venous pressure)
DEA	= koiran erytrosyyttiantigeeni (dog erythrocyte antigen)
DIC	= disseminoitunut intravaskulaarinen koagulaatio (disseminated intravascular coagulation)
DMSO	= dimetyylisulfoksidi
ED ₅₀	= keskimääräinen annos, jolla saadaan toivottu vaste (median effective dose)
EEG	= elektroenkefalogrammi
EKG	= elektrokardiogrammi
FMRI	= funktionaalinen magneettikuvaus (functional magnetic resonance imaging)
GABA	= gamma-aminovoihappo (gamma-aminobutyric acid)
GG	= guaifenesiini (glyseryyliguajakolaatti)
GGT	= gammaglutamyylitransferaasi
Hb	= hemoglobiini
Hkr	= hematokriitti
HPV	= hypoksinen pulmonaarisen vasokonstriktio (hypoxic pulmonary vasoconstriction)
IL	= interleukiini
IP ₃	= inositolitrifosfaatti
KROX-24	= 'varhainen geeni'

KTA	= kapillaarien täyttymisaika
LC	= locus caeruleus, 'sinertävä aivotäplä', noradrenergisten neuronien solukeskusten kasauma 4. aivokammion lähellä
LOX	= lipoksigenaasi
LPS	= lipopolysakkaridi
MAC	= se anestesiakaasuosapaine (pitoisuus), jonka vaikutuksesta 50 % potilaista ei reagoi kivuliaalle ärsykkeelle (minimum alveolar concentration)
MDF	= sydänlihasta depressoiva tekijä (myocardial depressant factor)
MMMELO	= Maa- ja metsätalousministeriön elintarvike- ja terveysosasto
MODS	= monielinvaurio (multiple organ dysfunction syndrome)
MRL	= maksimijäämäraja (maximum residue limit)
NMDA	= N-metyyli-D-aspartaatti
NRM	= nucleus raphe magnus
NSAIDs	= tulehduskivuläkkeet (nonsteroidal antiinflammatory drugs)
PABA	= para-aminobentsoehappo (paraaminobenzoic acid)
PAG	= aivojen keskiharmaa alue (periaqueductal grey)
PET	= positroniemissiotomografia
PG	= prostaglandiini
PKC	= proteiinikinaasi C
PKV-lääkkeet	= pääasiassa keskushermostoon vaikuttavat lääkkeet
POMC	= pro-opiomelanokortiini (proopimelanocortin)
RE-järjestelmä	= retikuloendoteliaalijärjestelmä
SA-katkos	= sinussolmuke-eteiskatkos
SDH	= sorbitolidehydrogenaasi
SIRS	= septinen shokki (systemic inflammatory response syndrome)
STM	= Sosiaali- ja terveysministeriö
TIVA	= totaali laskimoanestesia (total intravenous anaesthesia)
TNF _α	= tuumorinekroositekijä α
TP	= totaaliproteiinit
TX	= tromboksaani
vW-tauti	= von Willebrandin tauti

1. Nukutus- ja rauhoitusaineiden vaikutuksen perusteet

Martti Attila

Anestesiologiassa käytettävien nukutus- ja rauhoitusaineiden vaikutusten ja vaikutusmekanismien ymmärtäminen edellyttää keskushermoston fysiologisten ja farmakologisten perusteiden hallintaa.

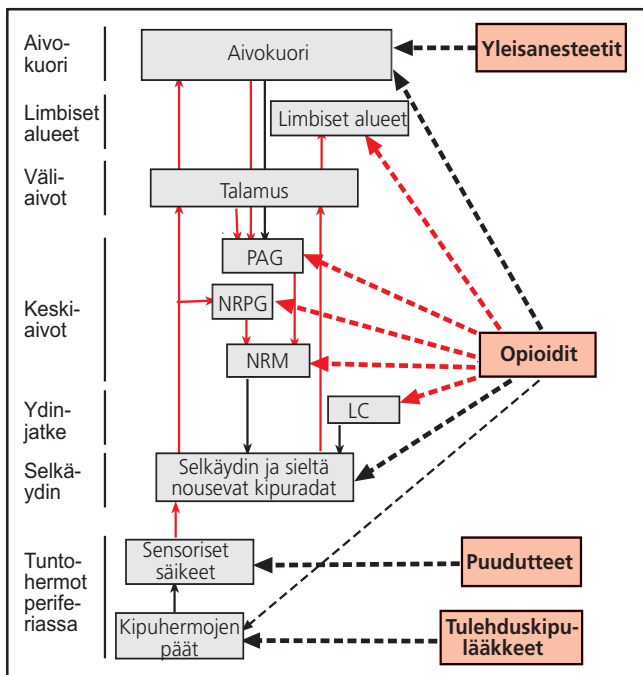
Anestesiologiassa käytetään hyvinkin erilaisilla mekanismeilla keskushermostoon vaikuttavia lääkkeitä, joilla usein on keskenään synergistinen vaikutus eläinten nukutuksessa keskeisiin tavoitteisiin: tunnottomuus, kivuttomuus ja rauhoittuminen (sedaatio). Esimerkkinä on kuvassa 1-1 esitetty nukutusaineiden ja tavallisimpien kipulääkkeiden vaikutuskohdat periferiassa (kipuhermot) ja keskushermostossa (selkäydin ja aivojen eri alueet).

Keskushermostoon vaikuttavien lääkeaineiden joko synergiset tai antagonistiset yhteisvaikutukset on syytä tuntea riittävästi nukutettaessa tai rahoitettaessa eläinpotilaita, jotta toivotut yhteisvaikutukset voidaan hyödyntää ja haitalliset välttää potilasturvallisuuden vuoksi. Siksi tässä luvussa selvitetään yleisesti keskushermoston farmakologiaa ja farmakokinetiikan erityispiirteitä ennen kuin seuraavissa luvuissa keskitytään eri lääkeaineiden vaikutusmekanismeihin yksityiskohtaisemmin.

Keskushermoston rakenne ja toiminta

Keskushermoston toiminta perustuu tiedonsiirtoon hermosolujen ulokkeissa ja säädeltyyn tiedon siirtymiseen neuronista toiseen. Tiedonsiirto hermosolun membraanilla tapahtuvaan ionitasapainojen säätelyyn, joka vaikuttaa hermoimpulssina tunnetun hermosolua pitkin itsestään etenevän aktiopotentiaalın syntyyn. Membranin jännitepolarisaatio etenee yhteen suuntaan pitkin ulokkeita. Depolarisaatioaalto tarkoittaa jänniteheilahduksesta riippuvien ionikanavien perättäistä aukeamista (kuva 1-2) ja aallon jälkeistä ionipumpumekanismien toimintaa, jolloin solukalvon polarisaatio (60 mV) palautuu.

Informaation käsittely hermostossa riippuu hermoimpulssin kulkemisen lisäksi myös hermosolujen

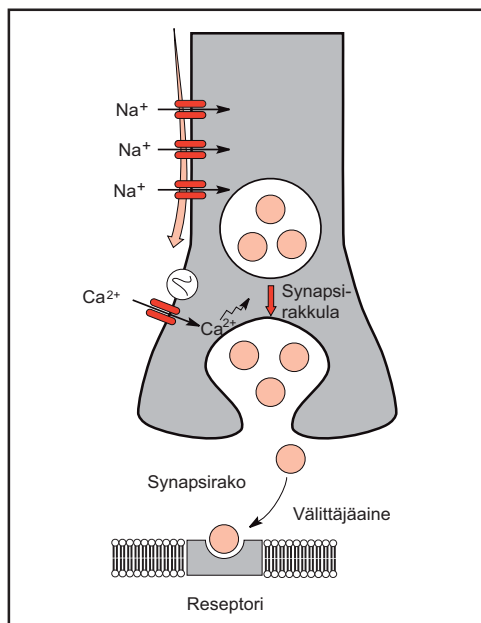


Kuva 1-1. Yleisanesteettien ja eräiden kipulääkkeiden tärkeimmät vaikutuskohdat. Punaiset nuolet osoittavat stimuloivaa ja mustat inhiboivaa vaikutusta. Lyhenteet, kipuradat ja mekanismit tarkemmin sivuilla 11-12 sekä luvuissa 3-6 ja 10.

vuorovaikutuksista ja erilaisista säätelymekanismeista. Hermosolut ovat yhteydessä toisiinsa kemiallisesti synapseissa. Kun depolarisaatioaalto saapuu aksonia pitkin synapsialueelle, jännitteestä riippuvat Ca^{2+} -kanavat avautuvat. Kalsium on keskeinen

synapsirakkuloiden tyhjännystä välittävä tosiolähetti (kuva 1-2).

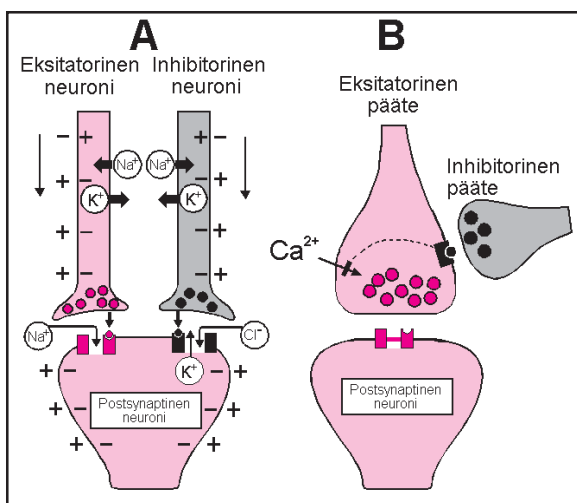
Välitys neuronilta toiselle perustuu välittäjäaineen vapautumiseen synapsirakkuloista synapsirakoon ja sen kulkeutumiseen postsynaptisen neuronin membraanilla sijaitseviin spesifisiin reseptoreihin. Synapsit toimivat kuten sähkökatkaisin tai rele: ne joko sallivat tai pysäyttävät tiedonkulun. Tähän synaptiseen relettoimintaan vaikuttavat synaptiseen rakoon erittyvät välittäjäaineet sekä tietoa vastaanottavien reseptorien sijainti ja toiminta. Toisaalta kohdesolun hetkellinen tila on ratkaiseva, joten reseptorimolekyylin kyky siirtää informaatiota ei ole vakio. Tavallisesti keskushermoston synapsilla on useita pre- ja postsynaptisia neuroniyhteyksiä, jotka voivat joko edistää (eksitatorinen) tai estää (inhibitorinen) välitystä (kuva 1-3). Kemiallisen viestin siirtyminen neuronista toiseen synapsissa on siis yhteisvaikutusten summa, jossa eri neuronit, välittäjäaineet ja reseptorit säätelevät synapsiin saapuvan aktiopotentiaalin kykyä välittää tietoa synapsin yli postsynaptiselle neuronille.



Kuva 1-2. Depolarisaatioaalto tarkoittaa sitä, että jänniteheilahduksesta Na^+ -kanavat avautuvat ja depolarisaatioaalto etenee membraania pitkin. Synaptisella alueella Ca^{2+} -kanavat avautuvat. Ca^{2+} toimii välittäjänä synapsirakkuloiden tyhjännysmekanismeissa.

Välittäjäaineet

Hermovälitykseen osallistuvat aineet jaetaan karkeasti kolmeen ryhmään: 1) klassisiin välittäjäaineisiin (monoamiinit, asetyylkoliini, aminohapot), 2) neuropeptideihin (useita kymmeniä) ja 3) muihin neuroaktii-



Kuva 1-3. Eksitatorisen ja inhibitorisen impulssin siirto synapsiraon yli. **A.** Inhibitorinen välitys (musta) "kilpailee" eksitatorisen välityksen (punainen) kanssa postsynaptisen solun informoinnissa. Inhibitorisen välittäjäaineen sitoutumista reseptoriinsa seuraa Cl^- -kanavan avautuminen ja postsynaptisen membraanin hyperpolarisaatio, jolloin membraanin depolarisaatio vaikeutuu. **B.** Presynaptinen inhibitio. Inhibitorinen välittäjäaine estää eksitatorisen välittäjäaineen vapautumista.

Reseptorit

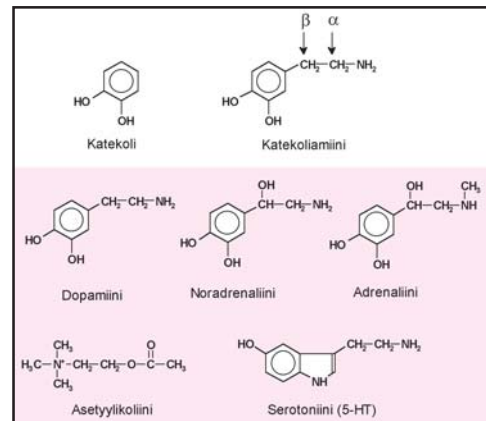
visiin aineisiin (typpioksidi, hormonit, askorbaatti, inosoli, arakidonihappo jne.).

Tajunnan eri osa-alueiden (vireys, aistit, kipu ym.) tiedon siirrossa keskushermosto aktivoi informaation siirtoa käyttäen eksitatorisia välittäjäaineita (kuva 1-4) ja estää sitä inhibitoristen välittäjäaineiden kautta.

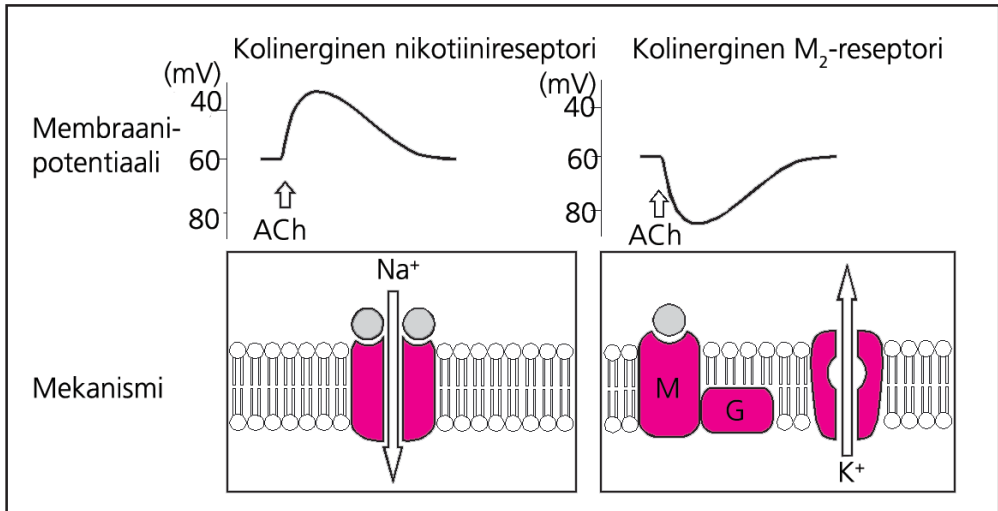
Yhdessä hermopäätteessä viestittäminen kemiallisella tiedonsiirrolla tapahtuu tyypillisesti useilla eri välittäjäaineilla (yhteisvälitys) ja erilaisilla vaikutusmekanismeilla. Useimmat hermosolut sisältävät jotain nk. klassista välittäjäainetta ja sen lisäksi neuropeptidiä tai muuta neuroaktiivista ainetta. Lisäksi hermosolun toimintaa säätelevät tietyt välittäjäaineen kaltaiset aineet, joita luonnehditaan erilaisen vaikutustapansa (joko eivät vapaudu synapsiin hermopäätteestä tai niillä ei ole itsenäistä vaikutusta hermosolun toimintaan) vuoksi neurohormoneiksi (esim. oksitosiini), neuromodulaattoreiksi (esim. adenosini, prostaglandiinit, typpioksidi), neuromediaattoreiksi (esim. toisiolähetit kuten cAMP, cGMP, IP₃) tai neurotrofiksiksi tekijöiksi (esim. kasvutekijät, interleukiinit).

Membraanireseptorit jaetaan karkeasti kolmeen ryhmään: 1) ionikanaviin suoraan kytkettyihin reseptoreihin, 2) G-proteiinikytkentäisiin reseptoreihin (kuva 1-5) sekä 3) entsyymireseptoreihin. Lisäksi reseptoreina toimivat solujen sisällä tumareseptorit (useat hormonit, esim. kortisoli) sekä solukalvojen kuljettajaproteiinit.

Nykytietämyksen valossa yksittäisen hermosolun ja sen reseptorien tiedonsiir-



Kuva 1-4. Eksitatoristen välittäjäaineiden rakenteita.



Kuva 1-5. Ionikanavaan suoraan kytketty asetylikoliinireseptori (kolinerginen nikotiinireseptori) sekä G-proteiinin kautta K⁺-ionikanavaa säätelevä reseptori (kolinerginen M₂-muskariniireseptori). Vaikutukset ovat tässä tapauksessa vastakkaiset: kolinergiseen nikotiinireseptoriin kytketyn Na⁺-kanavan avautuessa membraani depolarisoituu mutta M₂-reseptoriin kytketyn K⁺-kanavan avautuminen johtaa membraanin hyperpolarisaatioon.

to- ja säätelymekanismit ovat jatkuvan monimutkaisen sisäisen ja ulkoisen säätelyn alaisia. Esimerkiksi välittäjäaineiden poistuminen synapsiraosta pilkkoutumisen vuoksi (mm. asetyylikoliini) tai keräämällä ne synapsiraosta (amiinityypiset välittäjäaineet, GABA) on keskeinen edellytys toistuvan synaptisen välitystoiminnan onnistumiseksi. Muut hermosolut sekä hermosolujen tukikudos, ns. gliasolukko, osallistuvat myös aktiivisesti tiedonsiirtoon.

Näin ollen reseptorien toimintaa ei enää nykyään tarkastella pelkästään lääkeaineen sitoutumisella (affiniteetilla) reseptoriin (ns. miehitysteoria). Sen sijaan kaikki pre- ja postsynaptisen tapahtumaketjun osat summautuvat myös reseptoritasolla dynaamiseksi tapahtumaksi, jossa ratkaisevaa on nopeutuuko vai hidastuuko reseptorien välittämä kohdesolun aktiviteetti sen normaalitoimintaan verrattuna.

Presynaptiset autoreseptorit

Synapsiraossa on tyypillisesti välittäjäainereseptoreita myös presynaptisella membraanilla. Nämä voivat olla **autoreseptoreita** (sama välittäjäaine kuin synapsiraossa) tai **heteroreseptoreita** (reseptori jollekin muulle välittäjäaineelle). Autoreseptorien tarkoituksena on mitata synapsiraon välittäjäainepitoisuutta ja estää liiallinen välittäjäaineen vapautuminen synapsirakoon.

Ionikanaviin kytketyt reseptorit

Solujen ärtyvyys perustuu solukalvojen ionipumpujen toiminnan seurauksena syntyneeseen potentiaalieroon. Elävä solu pyrkii polarisoimaan solukalvonsa siten, että membraanilla on n. 60 mV jännite sytoplasman ollessa negatiivisesti varattu solun ulkoisen tilan suhteen.

Ionikanavat ovat solukalvon proteiineja, jotka säätelevät ionien kulkua solukalvon läpi. Kun kanava aukeaa, ionit kulkevat elektrokemiallisen gradientin suuntaan kohti pienempää pitoisuutta. Koska ionipumput ylläpitävät polarisoituneella membraanilla ekstrasellulaaritalan Na^+ - ja Ca^{2+} - sekä Cl^- -pitoisuudet korkeampina kuin sytoplasman vastaavat pitoisuudet, seuraa Na^+ - ja

Ca^{2+} -kanavien aukeamisesta reseptoriaktivaation seurauksena se, että nämä kationit valahtavat hermosolun sisälle. Hermosolun membraani depolarisoituu, mikä edesauttaa aktiopotentiaalin syntymistä hermosolun membraanilla. Vastaavasti K^+ -kanavien aukeaminen johtaa kationin kulkeutumiseen korkeammasta pitoisuudesta alhaisempaan pitoisuuteen solusta ulos, jolloin membraani hyperpolarisoituu ja aktiopotentiaalin synty vaikeutuu. Samoin membraani hyperpolarisoituu kun Cl^- -kanavat avautuvat ja negatiivisesti varatut Cl^- -ionit pääsevät valumaan solun sisään (kuva 1-3).

G-proteiinikytkentäiset reseptorit

G-proteiinikytkentäiset reseptorit ovat G-proteiinien kautta kytkettyinä toisiolähetijärjestelmiin kuten adenylylysyklaasiin ja fosfolipaasi C:n aktivoitumiseen, tai ionikanaviin, kuten K^+ - ja Ca^{2+} -kanavien aktivoitumiseen. Toisiolähetteinä adenylylysyklaasi aktivoi syklisen adenosiniinomonofosfaatin (cAMP) ja fosfolipaasi C inositolitrifosfaatti- (IP_3), Ca^{2+} - ja diasyyli-glyserolipitoisuuksien nousua. Useat toisiolähetijärjestelmät hienosäätävät ionikanavien toimintaa. Tällöin vastesolun toisiolähetitase säätelee sen ärtyvyyttä ja reaktiivisuutta. G-proteiinien kautta tapahtuvan ionikanavan depolarisaation käynnistyminen on hitaampaa kuin suoraan ionikanavaan kytketyn reseptorin kautta tapahtuvan depolarisaation käynnistymisen (lag-vaihe). Samoin G-proteiinien kautta säädelyjen ionikanavien depolarisaatio menee ohi hitaasti.

Reseptorikinaasit säätelevät reseptorien toimintaa esim. fosforyloimalla niitä, jolloin reseptori muuttuu inaktiiviseksi.

Keskushermoston toiminnalliset alueet

Tietyn tyyppinen informaatio ohjautuu keskushermoston sisällä tiettyyn verkostoon ja tietyille anatomisille alueille. Toiminnallisesti ja yleisanestesiaakin silmällä pitäen keskushermosto voidaan jakaa toi-

Taulukko 1-1. Keskushermoston toiminnalliset osat ja tehtävät pääpiirteittäin.

Toiminnallinen osa	Tehtävä
Aivokuori (cortex)	<ul style="list-style-type: none"> • Assosiaatioalueet (informaation keräys, informaation käsittely, informaation yhdisteleminen, ajattelu, muisti, tajunta) • Autonomisten toimintojen integrointi • Tahdonalaisen toiminnan käynnistäminen
Limbinen järjestelmä (mm. tyvitumakkeet)	<ul style="list-style-type: none"> • Mielentilojen säätely • Emotionaalisten tilojen yhdisteleminen viskeraaliseen ja motoriseen toimintaan
Väliaivot (diencephalon) (thalamus ja hypothalamus)	<ul style="list-style-type: none"> • Hypotalamuksessa autonomisten toimintojen integraatio
Keskiaivot (midbrain) (mm. mesencephalon, pons)	<ul style="list-style-type: none"> • Aivopuoliskojen yhdistäminen (keskenään ja ydinjatkokseen) • Sisältää unitilaa säätelevän nousevan retikulaarisen aktivaatiojärjestelmän (ARAS), PAG
Ydinjatke (medulla oblongata)	<ul style="list-style-type: none"> • Sisältää mm. hengitys-, verenkierto- ja oksennuskeskukset sekä toimii osana ARAS:ssa
Pikkuaivot (cerebellum)	<ul style="list-style-type: none"> • Liikkeen ja tasapainon koordinointi ja hienosäätö • Muisti
Selkäydin	<ul style="list-style-type: none"> • Sensorisen informaation välitys iholta, sisäelimiltä, verisuonilta ja lihaksilta aivoille ja sen muokkaaminen • Viestien siirtäminen aivoista periferiaan

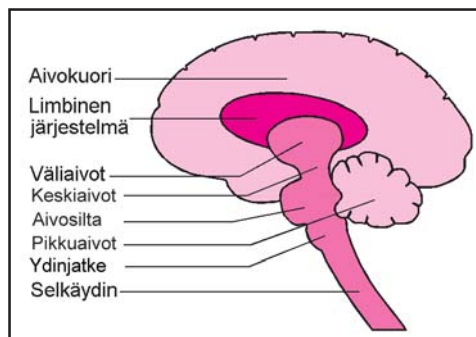
minnallisiin osiin, joilla on luonteenomaisia tehtäviä vireystilaa ajatellen (kuva 1-6 ja taulukko 1-1).

Amiinityyppisille välittäjäaineille (**noradrenaliini**, **dopamiini**, **5-HT**) on tyypillistä, että niitä tuottavien neuronien solukeskukset sijaitsevat ryppäinä erityisesti aivorungon alueella ja neuronien aksonit haarautuvat korkeampiin aivo-osiiin säätelemään synaptista toimintaa ja aivokuoren informaation keräystä.

Noradrenerginen välitys

Keskushermoston noradrenergisten ratojen solukeskukset sijaitsevat pääasiassa aivorungon alueella *locus caeruleuksessa* (LC), josta nousevat noradrenergiset radat hermottavat lähes kaikkia aivoalueita. Aivojen noradrenergisillä mekanismeilla on keskeinen osuus mm. unen ja valvetilan sekä sentraalisen sympaattisen tonuksen

ja siten myös verenpaineen säätelyssä. Ne säätelevät myös mielialaa ja käyttäytymistä – noradrenergisen tonuksen lisääntyessä mm. vireys ja rohkeus lisääntyvät. Unen ja valvetilan (vireyden) säätelyssä nousevalla retikulaarisella aktivaatiojärjestelmällä (ARAS) on keskeinen osuus (kuva 1-7).

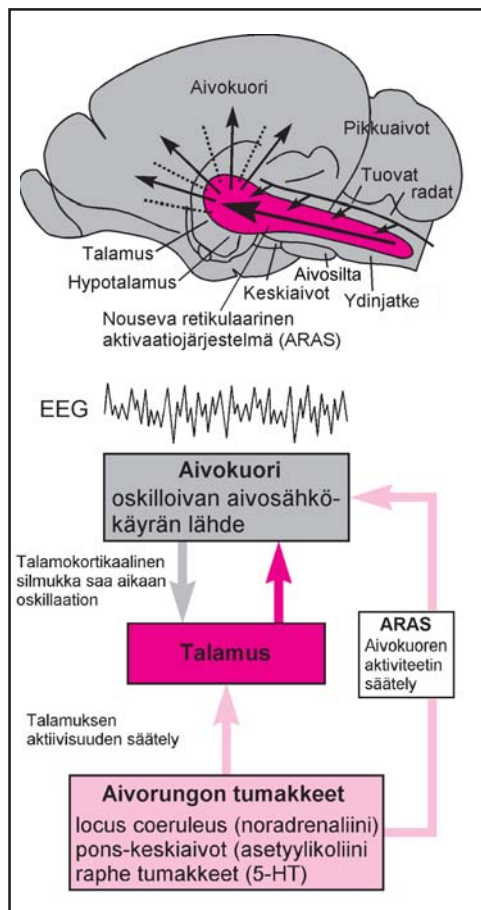


Kuva 1-6. Keskushermoston toiminnalliset alueet.

Tämä järjestelmä säätelee aivokuoren toimintaa ja sen herkkyyttä kerätä erilaista tietoa sekä keskushermoston muista osista että aistien tuomana informaationa eläimen ympäristöstä. Esimerkiksi tutkittaessa talamuksen neuroneja uni- ja valvetilassa voidaan nähdä, että informaation välitys on erilaista. Ennen heräämistä neuronit purkautuvat rytmisesti mutta vaimeasti. Vireystilan palattua heräämisen jälkeen neuronit siirtyvät voimakkaisiin yksittäis-

purkauksiin, samalla neuronit herkistyvät noradrenaliinille ja serotoniinille. Toisinaan aivorungosta tuleva noradrenerginen välitys lisää talamuksen ja aivokuoren välistä tiedonvaihtoa ja aivokuoren havainnointia (kuva 1-7).

Paitsi vireystilan säätelyssä (sedaatioissa), noradrenergisella välityksellä on anestesiologin kannalta selkeä merkitys myös kivunlievityksessä. Adrenergisten α_2 -reseptorien agonistit toimivat synergistisesti opioidien kanssa analgeetteina. Analgeettinen vaikutus on välittyä sekä selkäytimen että aivojen alueella (⇒kuva 1-1).



Kuva 1-7. Uni- ja vireystilaa säätelevä aivojen nouseva retikulaarinen aktivaatiojärjestelmä (ARAS = ascending reticular activating system). Keskeisenä välittäjäaineena on **noradrenaliini**. Tuhoamalla ARAS saadaan aivosähkökäyrät muistuttamaan unetilän käyriä. Sedaatiivit ja nukutusaineet lamaavat ARAS:n toimintaa ja piristeet, kuten **amfetamiini**, stimuloivat.

Dopaminerginen välitys

Dopamiinireseptoreita löytyy runsaasti tyvitumakkeista, mesolimbisesta ja mesokortikaalisesta järjestelmästä sekä hypotalamuksesta ja aivolisäkkeestä. **Dopamiini** on ekstrapyramidaalijärjestelmän tärkein välittäjäaine. Sen tiedetään osallistuvan liikkeiden hienosäätöön ja säätelevän mielialaa ja vireystilaa. Parkinsonin taudissa dopaminerginen välitys on heikentynyttä (hermoratojen degeneraatio) – oireita lievittävät dopamiiniagonistit. Ihmispotilailla skitsofreniassa on dopaminerginen tonus koholla, koska **dopamiiniantagonisteilla** saadaan hyvä hoitotulos. Dopamiiniantagonisteilla on myös voimakas sedatoiva vaikutus, mikä on hyödyksi eläinpotilailla. Toisaalta dopamiinireseptoreita salpaavilla **neurolepteilla** voi ilmetä haittavaikutuksena Parkinsonin taudin kaltaisia ekstrapyramidaalioireita kuten vapinaa (⇒s. 29). Dopamiini toimii myös **prolaktiinin** eritystä inhiboivana hormonina aivolisäkkeessä, joten sen antagonistit lisäävät maidon erityystä. Aivorungon kemoreseptorialueen dopamiinireseptorit välittävät oksennusrefleksiä. Dopamiiniantagonistit ovat tehokkaita oksennusta estäviä lääkeaineita estäen mm. matkapahoinvointia.

5-HT-erginen (serotonerginen) välitys

5-HT:n solukeskukset sijaitsevat keskiaivojen ja aivorungon alueella ns. *raphe*-tu-

makkeissa, joista lähtevät nousevat serotonergiset radat hermottavat useimpia aivoalueita. 5-HT:n tiedetään osallistuvan uni- ja vireystilan säätelyyn. Kohonnut 5-HT-pitoisuus edistää unta. Lisäksi 5-HT säätelee rohkeutta, emootioita, seksuaalista käyttäytymistä, hallusinaatioita sekä on osallisena kivun (laskevat kipuradat NRM-tumakkeesta selkäyttimeen), ruokahalun ja lämmön säätelyssä.

Kolinerginen välitys

Keskushermostossa on laaja kolinergisten neuronien järjestelmä. Sentraalisten kolinergisten neuronien aksonit levittäytyvät eri puolille aivoja ja selkäydintä. Kolinergiset radat ovat keskeisiä muistiin ja oppimiseen liittyvissä tehtävissä, ekstrapyramidaalijärjestelmän säätelyssä, tasapainoelimen toiminnassa, analgesiassa ja myös vireystilan säätelyssä. Kolinergisten neuronien atrofia on keskeinen löydös Alzheimerin taudissa. Antikolinergisillä aineilla kuten **atropiinilla** ja **skopolamiinilla** (eli (-)-hyoskiini) on lievä sedatiivinen, lyhytaikaista muistia heikentävä, oksennusta estävä ja nukahtamista edistävä vaikutus.

Eksitoivat aminohapot

L-glutamaatti ja **L-aspartaatti** ovat eksitoivia dikarboxyyliliippoja. Näistä L-glutamaatti on aivojen tärkein eksitoiva välittäjäaine. Aivojen glutamaattipitoisuus on suurempi kuin minkään muun kudoksen. Liiallinen glutamaattipitoisuus keskushermostossa näkyy vireyden lisääntymisenä ja taipumuksena kouristeluun. Useissa kouristelua ja aivovaurioita aiheuttavissa tiloissa on osoitettavissa liiallista glutaminergistä välitystä, mikä voi johtaa solukuolemaan liian korkean solunsisäisen Ca^{2+} -määrän vuoksi. Tällaisia tiloja ovat mm. aivoiskemia, hypoglykemia ja epilepsia. Tällöin joudutaan miettimään, millä inhibitorisilla mekanismeilla saadaan tehokkaimmin glutaminergistä yliaktiivisuutta alennettua; GABAergisillä aineilla, kuten **bentsodiatsepiineillä** ja **barbituraateilla**, saadaan usein ilmiö lamattua.

Dissosiativiset anesteetit, kuten ketaumiini ja **tiletamiini**, salpaavat nonkompetitiivisesti glutamaatin ns. NMDA-reseptorin ja tämän yhteydessä olevan Ca^{2+} -kanavan.

Inhiboivat aminohapot

Gamma-aminovoihappo (GABA) ja **glysiini** ovat monokarboxyyliliippoja ja keskushermoston inhibitorisia välittäjäaineita. GABA:a on eri puolilla keskushermostoa. Noin puolet keskushermoston neuroneista on GABA-välitteisiä. Korkeimmat GABA-pitoisuudet löytyvät hypotalamuksesta, hippokampuksesta, tyvitumakkeista sekä selkäytimen takasarven *substantia gelatinosa*. GABA on aivoissa esiintyvien interneuronien keskeisin inhibitorinen välittäjäaine. GABA ei läpäise veri-aivoestettä, minkä takia sillä itsellään ei ole lääkkeellistä merkitystä. Glysiiniä on runsaasti selkäytimen interneuroneissa, joissa se säätelee mm. luurankolihasia ohjaavia refleksejä.

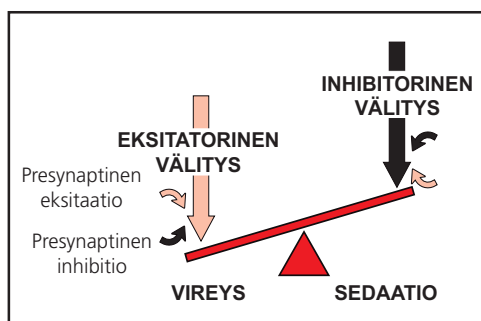
Edellä mainitut inhibitoriset välittäjäaineet lisäävät Cl^- -kanavien läpäisevyyttä, jolloin Cl^- -ionit pääsevät ekstrasellulaaritalasta neuronin sisään ja K^+ samalla ulos. Tämä johtaa membraanin hyperpolarisaatioon, jolloin eksitatorisen depolarisaatioaallon syntyminen estyy (kuva 1-3). Useilla anesteeteilla (**steroidianesteetit**, **haihtuvat anesteetit**, **barbituraatit** ja **alkoholi**) on omat sitoutumispaikkansa Cl^- -kanavina toimivissa GABA_A-reseptoreissa – tätä kautta ne tehostavat GABAn hyperpolarisoivaa vaikutusta hermosoluun. GABA_A-reseptori koostuu viidestä alayksiköstä (erilaisia membraaniproteiineja – tärkeimmät luokat ovat α , β ja γ), joiden kombinaatiot muodostavat varsinaisen reseptorikompleksin ionikanavineen. Metabotrooppiset GABA_B-reseptorit kytkeytyvät G-proteiineihin ja vaikuttavat välillisesti kationikanavien toimintaan.

Uni- ja vireystilan säätely

Fysiologisen unen säätelystä tiedetään se, että 5-HT, melatoniini ja adnosiini edesauttavat unta, kun taas noradrenaliini, dopamiini ja asetyylkoliini estävät unta ja lisäävät vireystilaa. Aktiivisuuden muutokset

tapahtuvat lähinnä nousevassa retikulaarisessa aktivaatiojärjestelmässä (ARAS, kuva 1-7). 5-HT:n ja noradrenaliinin pitoisuussuhde ARAS-järjestelmässä kuvaa parhaiten uni/vireystilaa. GABAerginen transmissio edesauttaa uneen vaipumista. Asetyylikoliiniin, adenosiniin ja useiden peptidien tiedetään osallistuvan unen hienosäätelyyn. Asetyylikoliini ja adenosini toimivat vireystilan säätelyssä vastakkaisesti. Täten uneen vaipumista voi edistää muskariiniantagonisteilla (kuten **atropiinilla**) ja estää adenosiniantagonisteilla (kuten **kofeiinilla**). Unta voidaan seurata elektroenkefalografialla (EEG). EEG mittaa aivokuoren sähköistä aktiviteettia, mikä puolestaan heijastaa kuoreen nousevien ratojen synaptista säätelyä (kuva 1-7).

Samaan aikaan annettuna eri mekanismeihin vaikuttavat rauhoitus- ja nukutusaineet ovat synergistisiä ja potentoivat usein toinen toisiaan (esim. α_2 -adrenoseptorien agonistit, dopamiiniantagonistit, GABAergiset aineet, opioidit). Lääkitsemättömänkin eläimen vireystila ja kiihtyneisyys riippu-



Kuva 1-8. Kaavakuva vireyteen vaikuttavista mekanismeista. Eläimen vireystilaan vaikuttaa sentraalinen välitysaineiden tasapaino lähinnä ARAS:ssä. Vireys- ja sedaatiotilan välinen suhde riippuu eksitatorisen vireystilaa lisäävän välityksen (lähinnä noradrenerginen ja dopaminerginen välitys) ja vastakkaisen, unta lisäävän kilpailevan välityksen (5-HT, GABA, melatoniini) tasapainosta. Sekä eksitatorisessa että vastakkaisessa välityksessä on presynaptista aktivaatiota ja inhibitiota. Esim. keskushermostoon pääsevät α_2 -agonistit inhiboivat presynaptisesti eksitatorisia ratoja.

Taulukko 1-2. Nukutuksen keskeiset tavoitteet.

- Tunnottomuus
- Kivuttomuus (analgesia)
- Muistamattomuus (anamnesia)
- Liikkumattomuus (akinesia)
- Liharentous

vat eksitatorisen ja inhibitorisen välityksen tasapainosta. Siksi kiihtyneellä eläimellä eksitatoristen ratojen lamaaminen vaatii enemmän nukutus- tai rauhoitusainetta kuin rauhallisella eläimellä. Farmakologinen synergismi tulee ymmärtää endogeenisen tilan jatkeeksi. Anesteettien annoksen kasvattaminen johtaa helposti yliannostukseen, jolloin tärkeät hengityksen ja verenkierron säätelyyn osallistuvat keskukset saattavat lamautua. Tämän vuoksi on muistettava, että kiihtyneessä mielentilassa olevan eläimen nukuttamaan vaatii hyvää harkintaa ja erityistä tarkkuutta.

Rauhoitusaineita käytettäessä eläimen on annettava rauhoittua heti lääkityksen jälkeen rauhallisessa ympäristössä itsekseen, jotta endogeenisten eksitatoristen ja inhibitoristen mekanismien tasapaino saadaan käännettyä inhibition puolelle (kuva 1-8). Kaikki eläimen huomiota herättävät vieraat asiat estävät eläimen vaipumista farmakologiseen sedaatiotilaan.

Keskushermostoa lamaavat lääkkeaineet

Epäspesifinen vai spesifinen lamaantuminen?

Kivuttomaksi ja tunnottomaksi tekevien yleisanesteettien yleispiirteenä on eksitatorisen välityksen lamaantuminen ilman, että itse impulssin johtuminen hermosäikeissä estyy. Suuri joukko keskushermostoa lamaavia lääkkeaineita lamaa epäspesifisesti koko hermoston (taulukko 1-2). Tajunnan häviämisen ohella lamautuvat muutkin aivotoinnot.

Sedaatio voidaan saada aikaan spesifisti joko lamaamalla eksitatorisia tai voimistamalla inhibitorisia vasteita. Esimerkiksi

Taulukko 1-3. Spesifisesti keskushermoston eksitatorista välitystä lamaavia lääkeaineita.

Antikolinergiset aineet	atropiini skopolamiini (hyoskiini)
Dopamiini-antagonistit	butyrofenonit fluanisoni droperidoli atsaperoni fentiatsiini klooripromatsiini asepromatsiini
α_2 -Agonistit (vähentävät sentraalista katekoliamiinivälitystä)	ksylatsiini detomidiini medetomidiini romifidiini
GABAergistä välitystä lisäävät aineet	bentsodiatsepiinit diatsepaami klooridiatsepoksidi (klopoksidi) nitratsepaami midatsolaami
Opioidireseptoreihin vaikuttavat aineet (euforisoivat analgeetit)	morfiini fentanyl metadoni petidiini etorfiini butorfanoli buprenorfiini

presynaptisesti vaikuttavat α_2 -agonistit estävät eksitatorisen noradrenaliinin vapautumista ja **bentsodiatsepiinit** voimistavat inhibitorista GABA-aktiivisuutta; molemmat alentavat kohonnutta ARAS-tonusta.

Keskushermostoa spesifisesti lamaavat lääkeaineet

Keskushermoston eksitatorista välitystä voidaan lamata tunnettuihin reseptoreihin vaikuttavilla lääkeaineilla (taulukko 1-3). Eksitatoristen välittäjäaineiden reseptorit voidaan salvata kilpailevilla lääkeaineilla tai välittäjäaineen vapautuminen voidaan estää. Toisaalta voidaan lisätä keskushermoston inhibitorista GABAergistä tai glysiinistä välitystä, jolloin eksitoivien ja inhibito-

risten ratojen tasapaino kääntyy inhibition puolelle (kuva 1-8).

Epäspesifisesti lamaavat lääkeaineet

Yleisanesteetteina käytettävät höyrystyvät nesteet ovat ionisoitumattomia lipidiliukoisia aineita, joita käytetään yleisesti orgaanisina liuottimina. Niille ei vielä ole esitetty yleisesti hyväksyttävää vaikutusmekanismia. Keskushermoston toimintaa lamaa mikä tahansa kemiallisesti reagoimaton lipidiliukoinen aine, joka pääsee riittävästi kulkeutumaan keskushermostoon. Eri liuottimien anesteettinen teho on suhteessa niiden lipidiliukoisuuteen: tiettyyn rajaan asti lipidiliukoisuuden lisääntyminen nostaa aineen anesteettista tehoa.

Lipidiliukoiset yleisanesteetit keräytyvät hyvin verisuonitettuihin lipidipitoisimpiin kudoksiin – vaikutus häviää täysin anesteetin poistuessa aivoista. Lipidiliukoisuuden ja anestesiategon yhteydestä johtuen on oletettu, että anestesian mekanismina on solukalvojen ”turpoaminen”. Nykyään pidetään lipidikalvojen ionikanavien toimintaa useimpien anesteettien vaikutuskohteena.

Useat yleisanesteetit (**halogenoidut inhalaatioanesteetit, barbituraatit, propofoli, kloraalihydraatti, etomidaatti ja steroidianesteetit**) lisäävät GABA:n vaikutuksia keskushermostossa (kuva 2-4). Ne tehostavat endogeenisen GABA:n vaikutusta pidentää Cl⁻-kanavien aukioloa (⇒ luku 2), jolloin Cl⁻-ionien valuessa neuronien sisään membraani hyperpolarisoituu ja aktiopotentiaalinen muodostuminen estyy. Glysiini on myös inhibitorisia Cl⁻-kanavia stimuloiva välittäjäaine erityisesti selkäytimessä ja aivorungossa. Glysiinireseptorien kautta vaikuttavia anesteetteja ovat **barbituraatit, propofoli** ja **steroidianesteetit**. Glysiinillä on myös keskeinen moduloiva tehtävä eksitatorisen glutamaatin NMDA-reseptorin stimulaatiossa.

Myös kolinergisissä nikotiinireseptoreissa anesteettien vaikutuskohteena on ionikanava: nikotiinireseptori avaa kationikanavia, jolloin Na⁺-ionien solunvirtauksesta

Taulukko 1-4. Yleisanestesian eteneminen anestesiaa syvennettäessä.

1. anksiolyyttinen (neuroleptinen)	välinpitämättömyys, pelon tunne häviää
2. eksitaatio	estot häviävät, kiihtymystä
3. dysartria	ääntely loppuu
4. ataksia	hoipertelu, raajojen kontrolli huononee
5. sedaatio	keskushermoston lamautuminen
6. hypnoosi	uneliaisuus
7. anestesia	tunnottomuus
8. kooma	kaikki refleksit poissa
9. ydinjatkeen lama	hengitys- ja verenkiertokeskusten lama
10. kuolema	

seuraa depolarisaatio. Anesteettien lihaksia relaksaiva ominaisuus voidaan osittain selittää tällä mekanismilla. Kuitenkin keskushermostossa on myös muskariinireseptoreita, joiden stimulaatio aktivoi vireyttä ja salpaus lamaa sitä. Yleisanesteettien on kokeellisesti todettu vaikuttavan useisiin eksitatorisen välityksen tapahtumiin; välittäjäaineiden vapautuminen ja takaisinkerääminen synapsiraoista estyy. Eksitatoristen välittäjäaineiden vapautuminen hermopäätteistä saattaa estyä myös siksi, että liuottimet tehostavat presynaptista inhibitiota (kuva 1-3).

Yleisanestesia (nukutus)

Yleisanestesia tarkoittaa anesteeteilla aikaansaattua palautuvaa tilaa, jossa keskushermosto on lamattu siten, ettei voimakkaan ärsyke, esim. leikkauskipu, pääse potilaan tietoisuuteen. Yleisanesteetit lamaavat koko keskushermostoa, kuitenkin ennustettavissa olevassa järjestyksessä. Ellei eläintä ole esilääkitty, nähdään anesteettia lisättäessä ja anestesian syvetessä ensin aivokuoren lamautuminen, jolloin aivokuoresta tulevien inhibitoristen ratojen toiminta sammuu. Inhibition poistues- sa eläimen estot häviävät ja eläin saattaa kiihtyä. Keskiäivojen lamautuessa ilmaantuu sedaatio (mistä seuraa anestesia). Sel-

Taulukko 1-5. Anestesiologiassa käytettävä luokittelu yleisanestesian syvyyden kuvaamiseksi.

Anestesian vaiheet		Keskushermoston lamautuminen	
I Analgesia (tahdonalaisten liikkeiden vaihe)		Sensorinen cortex	
II Delirium (tahdottomien liikkeiden vaihe)		Motorinen cortex Dekerebraatio- jäykkyys	
III Kirurginen	Taso 1	Keskiaivot	III
	Taso 2	Selkäydin (lisääntyvä lamautuminen)	V
			X
	Taso 3	Selkäydin (lisääntyvä lamautuminen)	VI
Taso 4	Selkäydin (vakava lamautuminen)		
IV Kooma		Ydinjatkeen paralyysi	

käytimen toiminnan sammua katoavat refleksit ja lopulta ydinjatkoksen toiminnan pysähtyminen johtaa hengitys- ja vasomotorisen keskuksen lamautumisen kautta kuolemaan. Kirurgisessa anestesiassa pyritään lamaus rajaamaan keskiaivojen ja selkäytimen tasolle. Oleellista on saada ARAS lamattua. Potilaan refleksejä ja elintoimintoja seuraamalla voidaan arvioida anestesian syvyyttä.

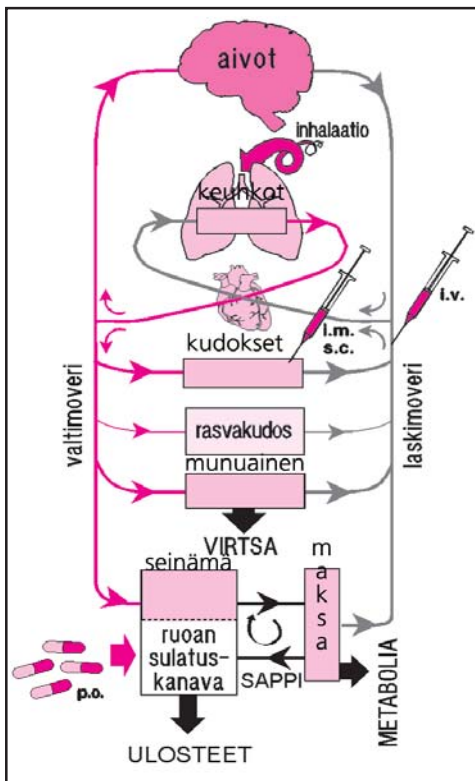
Taulukon 1-4 mukainen järjestys koskee kaikkia epäspesifisiä depressantteja, joskin induktionopeudessa ja turvallisuusmarginaalissa on vaihtelua aineittain. Kun anestesia lopetetaan, käy "herääminen" samojen vaiheiden kautta päinvastaisessa järjestyksessä. Eläinanestesiologiassa käytetään yleensä taulukon 1-5 mukaista anestesiata-son luokitusta. Luokitus koskee yh-

dellä anesteetilla aikaansaattavia ilmiöitä. Yhdistelmänestesiassa anestesian eteneminen ei ole kovin selkeästi luokiteltavissa.

Kirurginen anestesia tarkoittaa anestesia-astasia, jossa keskiaivot ja selkäydin ovat lamautuneet, jolloin potilas on tajuton, ei reagoi kipuun ja operaatiota häiritsevät refleksit ovat kadonneet. Kirurgista anestesiaa syvennettäessä on varottava menemästä niin syväälle, että saadaan aikaan ydinjatkeen paralyysi.

Farmakokinetiikka

Keskushermostoon vaikuttavien lääkeaineiden täytyy päästä leviämään verenkierrosta vaikutuspaikkaansa keskushermostoon (kuva 1-9). Keskushermostossa on hyvä verenkierto, mutta sinne on diffuusiosteitä. Aivokapillaarien endoteelisolut ovat tiukasti kiinni toisissaan ja gliasolukko muodostaa tupen kapillaarien ympärille.

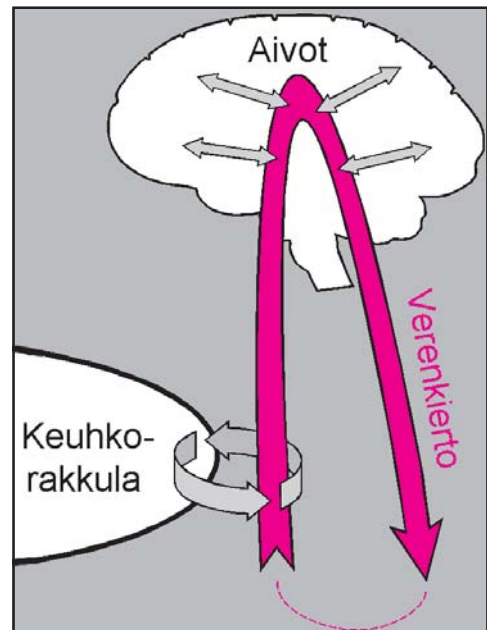


Kuva 1-9. Fysiologinen farmakokineettinen malli anesteetin tai sedatiivin kulkeutumisesta.

Plexus chorioideus -järjestelmä pumpkaa vieraat aineet pois keskushermostosta. Ainoastaan erittäin lipidiliukoiset aineet pääsevät diffundoitumaan helposti membraaniteiden yli keskushermostoon.

Inhalaatioanesteetit

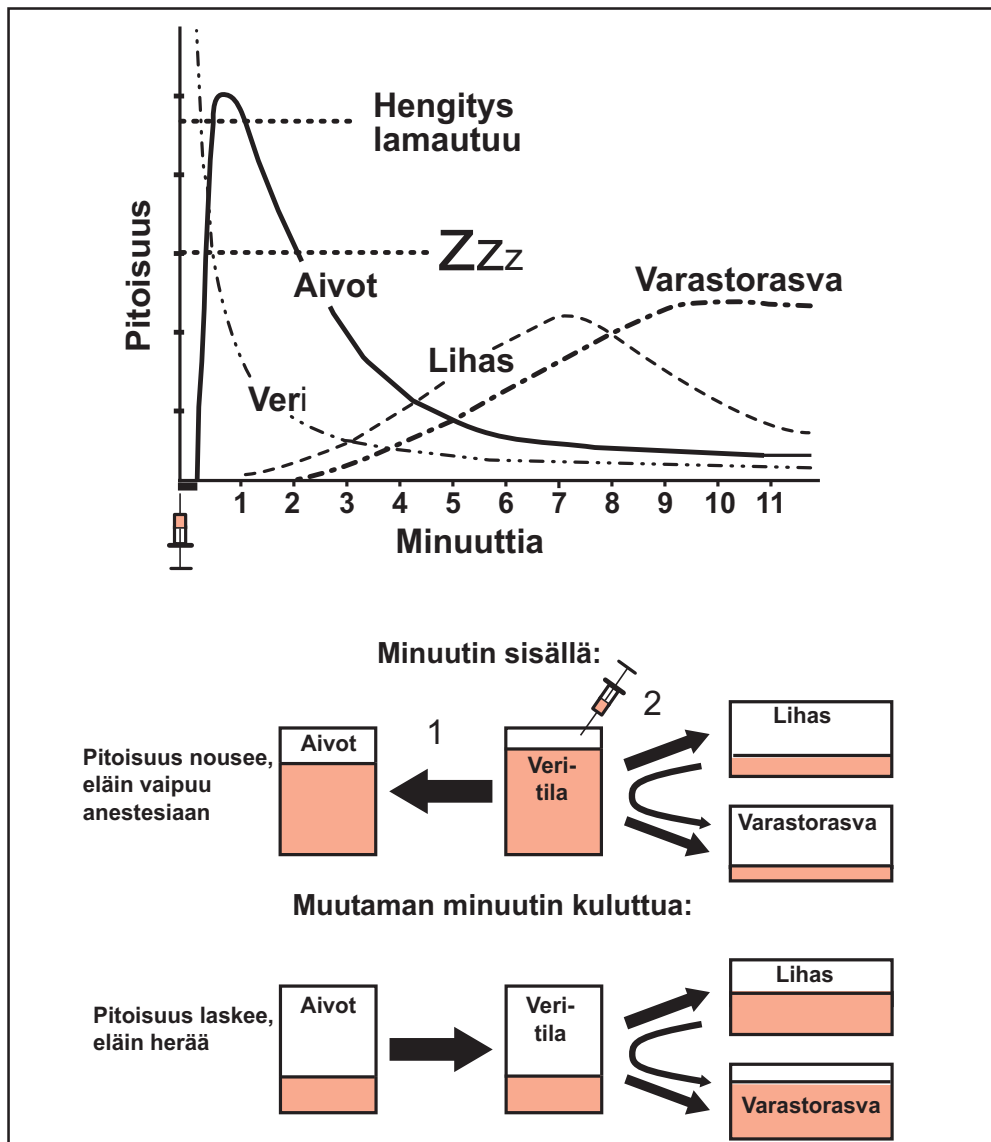
Inhalaatioanestesiassa on suhteellisen helppo säädellä keskushermoston anesteettipitoisuutta. Koska tasapainotilanteessa anesteetin pitoisuus sisäänhengityskaasussa on tasapainossa sen pitoisuuden kanssa veressä ja toisaalta anesteetin pitoisuus veressä on tasapainossa sen pitoisuuden kanssa aivolipideissä, säätyy keskushermoston pitoisuus alveolaarikaasun pitoisuuden mukaan (kuva 1-10). Aivojen anesteettipi-



Kuva 1-10. Inhalaatioanesteettien farmakokinetiikka. Inhalaatioanesteetti imeytyy hengityskaasusta alveoliseinämän läpi verenkiertoon ja siirtyy verestä rasvaliukoisuutensa vuoksi elimistön rasvakudoksiin, kuten aivoihin. Tasapaino tilanteessa siirtyminen keskushermostoon päin on yhtä suurta kuin vastakaissuuntainen poistuminen. Tällöin anesteetin pitoisuus alveolaari-ilmassa (anestesiaalitteesta tuleva kaasusekoite) on tietyssä suhteessa aivojen anesteettipitoisuuteen.

Taulukko 1-6. Injektioanestesian edut ja haitat verrattuna inhalaatioanestesiaan.

Edut	Haitat
<ul style="list-style-type: none"> • Antotapa yksinkertainen • Jos ei ole laitteista – injektio-ruisku riittää • Yleensä nopea anestesian induktio • Anesteetti ei leviä huoneilmaan • Anesteetti ei ärsytä hengitysteitä 	<ul style="list-style-type: none"> • Liikaa injisoitua ainetta ei saada pois • Eliminaatio riippuu maksan ja munuaisten toimintakyvystä (terveydentila huomioitava) • Tietyt anesteetit saattavat kumuloitua • Induktioapnea tavallista i.v.-injektiossa • Anesteetti voi ärsyttää injektiokohtaa



Kuva 1-11. Lääkeaineen uudelleenjakautuminen (redistribuutio) vähentää anestesian pitoisuutta aivoissa.

toisuutta päästään säätämään lähes suoraan muuttamalla anesteetin määrää hengityskaasussa. Anestesiakaasu poistuu pääasiassa samaa kautta kuin se on joutunut elimistöön eli keuhkoista uloshengityskaasuun. Inhalaatioanesteettien farmakokinetiikkaa on käsitelty tarkemmin luvussa 7 ja anestesia-laitteistoja luvussa 8.

Injisoitavat anesteetit

Injektioanesteettien etuja ja haittoja on verrattu inhalaatioanesteetteihin taulukossa 1-6. Injisoitavat anesteetit ovat lipidi-liukoisia mutta haihtumattomia yhdisteitä. Ne ruiskutetaan tavallisesti laskimoon. Laskimoanesteetit siirtyvät lipidi-liukoisuutensa vuoksi elimistön rasvakudoksiin. Koska keskushermosto on hyvin lipidi-pitoinen ja siinä on hyvä verenkierto, joutuvat lipidi-liukoisimmat anesteetit ensin keskushermoston rasvaan. Vähitellen anesteetti kuitenkin jakautuu tasan elimistön kaikkien rasvakudosten kesken (kuva 1-11). Tämän uudelleenjakautumisvaiheen aikana eläin usein herää. Koska anesteetti jakautuu tasan kaikkien lipidifaasien kesken, rasvapitoinen tai lihava eläin tarvitsee suhteessa enemmän anesteettia kuin laiha.

Elimistö metaboloii haihtumattomat laskimoanesteetit vesiliukoisempaan muotoon lähinnä maksassa, ja ne poistuvat sitten verestä pääasiassa munuaisten kautta virtsaan. Ennen injektioanestesian aloittamista on huolella arvioitava eläimen rasvapitoisuus sekä maksan ja munuaisten toiminta, ts. on arvioitava, kuinka laajalle elimistössä anesteetti tulee jakautumaan (laimentumisaste), ja varmistauduttava siitä, että potilas kykenee eliminoimaan anesteetin. Vierasainemetaboliaan osallistuvissa entsyymeissä on runsaasti geneettistä yksilöiden välistä vaihtelua sekä entsyymi-induktiosta johtuvaa vaihtelua. Siksi tietyllä laskimoanesteetin määrällä saavutettavan anestesian taso ja kesto voivat vaihdella huomati-

Taulukko 1-7. Esilääkityksen tarkoitus.

- Eläimen rauhoittaminen käsittelyä varten
- Pelkotilojen poistaminen (toistuvia käsittelyjä ajatellen)
- Estää preoperatiivista ja postoperatiivista kipua
- Estää eksitaatiovaihe anestesian induktio- ja heräämisvaiheessa
- Vähentää anesteettien tarvetta → lisää anestesian turvallisuutta
- Vähentää oksennus- ja aspiraatoriskiä
- Vähentää liman eritystä hengitysteissä
- Ehkäistä haitallisia vagaalisia refleksejä (intubaatio → sydänpysähdys)

tavasti. Jos eläintä joudutaan nukuttamaan laskimoanesteetein toistuvasti parin päivän tai jopa viikon sisällä, voi entsyymi-induktio lisätä metaboloivien entsyymien määrää, ja nukutus vaikeutuu tai nukkumisaika lyhenee.

Miksi yhdistellä eri rauhoitusaineita ja anesteetteja?

Keskushermostoon spesifisesti vaikuttavia lääkeaineita käytetään yksittäin tai erilaisina yhdistelminä anestesian esilääkitykseen tai eläinten rauhoittamiseen käsittelyä varten (taulukko 1-7). Yhdistämällä muita rauhoitusaineita opioidianalgeetteihin saadaan aikaan tila, jossa eläin on välinpitämätön ympäristöstään eikä reagoi kipuun.

Vaikuttamalla eri farmakologisiin mekanismeihin eksitatorisen välityksen estämiseksi ja inhibitorisen välityksen lisäämiseksi saavutetaan synergistinen rauhoitusvaikutus (kuva 1-8). Kunkin yksittäisen lääkeaineen pitoisuus saadaan pidettyä vaaratomalla tasolla, ja varsinaisen anesteetin tarve vähenee oleellisesti. Yhdistelmäanestesiassa pyritään käyttämään hyväksi tätä synergististä vaikutusta.

2. Rauhoitus- ja esilääkitysaineet sekä herättäminen

Martti Attila & Outi Vainio

Esilääkitys. Tässä luvussa tarkastellaan niitä lääkeaineita, joilla potilas valmistellaan varsinaiseen anestesiaan. Useimpien tämä sisältää ensisijaisesti potilaan rauhoittamisen, mutta lääkitysvalinnalla pyritään samalla edistämään kivunlievitystä (⇒ luvut 3–5) sekä vähentämään anestesian aikana odotettavissa olevia haitallisia potilaan reaktioita tai vasteita lääkitykseen tai itse anestesiaan (⇒ taulukko 1-7). Hyödyntämällä oikealla tavalla esilääkityksen ja valitun anesteetin yhteisvaikutuksia saavutetaan potilaalle miellyttävämpi ja turvallisempi anestesia kuin käyttämällä ainoastaan yhtä tehokastakin anesteettia. Toisaalta tämä edellyttää hyvää tuntemusta käytettävien lääkeaineiden ominaisuuksista ja yhteisvaikutuksista.

Herättäminen. Tässä luvussa käsitellään myös potilaan herättämiseen käytettäviä aineita. Klassisesti anestesiasta herääminen tapahtui ”heräämössä” passiivisesti anesteetin pitoisuuden laskiessa, kun sen anto oli lopetettu. Uudemmissa lääkeaineilla on mahdollista potilaan aktiivinen herättäminen antamalla sopivaa antagonistia, joka poistaa anesteetin vaikutuksen lyhyemmässä ajassa. Koska samoja antagonisteja voidaan käyttää myös elvytettäessä potilasta mahdollisen anesteetin yliannoksen jälkeen, käsitellään nämä lääkeaineet tässä luvussa vastaavien agonistien yhteydessä. Ennen nykyisiä spesifejä antagonisteja oli herättämiseen käytettävissä lähinnä epäspesifisesti keskushermostoa kiihottavia sentraalisia stimulantteja, joiden käyttö nykyään on vähentynyt.

Eläinsuojelu. Eläinlääkärin työnkuva on oleellisesti muuttunut kolmen viimeisen vuosikymmenen aikana, koska lääkeainevalikoimaan on saatu tehokkaita rauhoitusaineita. Pakko- ja voimakeinoja ei enää tarvita eläinten paikallaan pitämiseen tai

kaatamiseen. Eläinten käsittely on muuttunut inhimillisemmäksi ja vastaa paremmin käsitystämme eläinten hyvästä kohtelusta. Tämä on myös keskeinen eläinsuojelukäytännön osa. Eläimen rauhoittamiseen käytetään sedatiiveja ja neurolepteja. Ne alentavat keskushermoston vireystilaa, mikä kliinisesti näkyy eläimen rauhoittumisena. Monet potilaat ovat peloissaan, kun niitä kuljetetaan, ne joutuvat uuteen ympäristöön eläinlääkärin vastaanotolla, niitä käsittelee outo ihminen jne. Toistuvat kivuliaat käsittelyt, kuten KOIRIEN korvien puhdistus tai peräruohasten tyhjennys, aiheuttavat epämiellyttäviä muistoja, minkä seurauksena potilas pelkää eläinlääkärinä ja saattaa muuttua aggressiiviseksi. Eläinsuojelulliset näkökohdat velvoittavat ottamaan huomioon myös eläimiin kohdistuvan stressin.

Stressi. Pelko ja siihen liittyvä stressi nostavat elimistön sentraalista noradrenergistä ja dopaminergistä tonusta. Keskushermoston välittäjäaineiden, noradrenaliinin ja dopamiinin, vapautuminen lisääntyy. Suurentunut välittäjäaineiden määrä synapsiraissa ja kohonnut sentraalinen tonus häiritsevät rauhoittavien ja nukuttavien lääkeaineiden vaikutusta. Pelokas ja stressaantunut eläin on vaikeampi rauhoittaa kuin normaali, levollinen potilas. Myös perifeerisen adrenergisen tonus kohoaa, lisämunuaisen ydin erittää katekoliamiineja ja niiden pitoisuus veressä nousee. Nukutusaineista erityisesti **halotaani** herkistää sydänlihasta katekoliamiinien aiheuttamille rytmihäiriöille.

Rauhoitusaineiden tärkeä tehtävä on vähentää pelosta yms. johtuvaa keskushermoston jännitystä. Eläinten käsittely helpottuu, kun nouseva retikulaarinen aktivaatiojärjestelmä (ARAS; ⇒ kuva 1-7) saadaan lamattua. Tämän jälkeen aivokuori ei ole kovin herkkä vastaanottamaan ym-

päristöstä tulevia ärsykykeitä. Samalla "fight-flight"-refleksi saadaan estettyä.

Kipu. Kaikki rauhoitusaineet eivät vähennä kivuntuntoa. Jos näitä aineita (mm. fentiatsiinijohdannaiset: **asetyyli-, propiopyyli- ja klooripromatsiini**) käytetään kivuliassa toimenpiteissä, rauhoitusaineiden lisäksi pitää käyttää kipua poistavaa lääkitystä, esim. euforisoivia analgeetteja (**opioideja**) tai suorittaa paikallisuudutus. Sedatiiveista parhaita kivun lievittäjiä ovat euforisoivat analgeetit (**morfiini, metadoni, fentanyyli** jne.). Myös α_2 -agonisteilla (**ksylatsiini, detomidiini, medetomidiini, romifiidiini**) on kipua poistavia ominaisuuksia.

Kroonisesta kivusta kärsivä potilas saa joskus lääkitystä, jolla on merkittäviä yhteisvaikutuksia nukutuksen yhteydessä annettavan lääkityksen kanssa. Ihmislääkinnässä trisyklisillä depressiolääkkeillä (masennuslääkkeet) on keskeinen asema kroonisen kivun hoidossa. Vaikka kroonisen kivun hoidossa esimerkiksi **amitriptyliini** (Saroten®, Triptyl®) vaikuttaa edullisesti poistamalla kivusta johtuvaa potilaan masennusta, sen analgeettinen vaikutus kuitenkin perustuu kipuratojen inhibitoristen välittäjäaineiden (noradrenaliini, 5-HT) so- luuuton estoon.

Useilla epilepsialääkkeillä on todettu edullinen vaikutus erityisesti hermovaurioista johtuviin kroonisiin kiputiloihin. Useista eri mekanismeillakin vaikuttavista epilepsialääkkeistä erityisesti **gabapentiini** (Neurontin®) on nykyään suosituimpi kroonisen kivun hoidossa kuin epilepsialäkkeenä. Gabapentiinin analgeettista vaikutusmekanismia ei tunneta tarkasti. Se ei välttämättä välity GABAergisten mekanismien kautta vaan gabapentiinin analgeettinen vaikutus voi perustua esim. eksitatorisen glutamaatin synteesin vähentymiseen tai kalsiumkanaviin kohdistuvan vaikutukseen, jonka kautta se vaikuttaa amiinivälittäjäaineiden vapautumiseen.

Ryhmittelyongelma

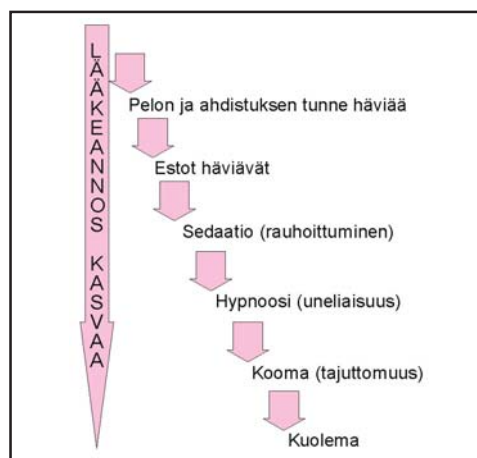
Historiaa. Kliinisesti eri rauhoitusaineiden vaikutusten eron näkeminen on hyvin vaikeaa. Aikaisemmin kirjallisuus ryhmitteli rauhoitusaineet tarkasti, **neuro-**

leptit ja **sedatiivit** pyrittiin erottamaan omiin ryhmiinsä ja analgesiaa aiheuttavat morfiiniryhmän rauhoitukset omaansa. Neuroleptien synonyymejä olivat "tranquilizer" ja "atarakti", mikä lisäsi sekaannusta. Neurolepteihin luettiin lähinnä **fentiatsiinijohdokset, butyrofenonit (droperidoli, fluanisoni; atsaperoni)** sekä rauwolfia-alkaloidit (**reserpiini**). Neuroleptien keskeinen vaikutus oli saattaa potilas välinpitämättömäksi ympäristöstään. Jos tarvittiin kivunpoistoa, neuroleptiin yhdistettiin analgeetteina **opioideja**. Neuroleptin ja opioidin tuottamaa sedaatiota ja analgesiaa kutsuttiin neuroleptianalgesiaksi. Sedatiiveilla tarkoitettiin aineita, joilla saatiin aikaan selvempi yleisanestesiaa muistuttava keskushermoston lama. Tällöin sedatiiveihin luettiin kuuluvaksi mm. **barbituraatit** ja **klooraliidraatti**.

Neuroleptien keskeisin vaikutusmekanismi on dopamiinireseptorien salpaus, jolloin elimistön oma dopamiini ei pääse käsiksi reseptoreihinsa. Neurolepteilla on lisäksi atropiinin tapaista antikolinergistä vaikutusta ja α_1 -salpaavaa vaikutusta. Joillakin neurolepteilla on antihistamiinivaikutusta (H_1 -reseptorisalpaus).

Uusin eläinestesiologinen kirjallisuus puhuu pääasiassa sedatiiveista eli rauhoitusaineista. **Sedatiiveihin** kuuluvat lähinnä **fentiatsiinijohdokset, butyrofenonit, bentosodiatsepiinit, opioidit** ja **α_2 -adrenergiset agonistit**. Tioksanteenin (**klooriprotikseeni**) sekä rauwolfian (**reserpiini, metoserpaatti**) johdokset voidaan myös liittää tähän ryhmään, mutta niillä ei enää ole käytännön merkitystä eläinlääkinnässä.

Monien rauhoitusaineiden vaikutus on annoksesta riippuvainen. Kuva 2-1 osoit-



Kuva 2-1. Annoksen yhteys rauhoitus- tai nukutusaineen vaikutukseen.

taa, että pienillä annoksilla on pelkoa ja ahdistusta vähentävä (anksiolyttinen) vaikutus, suuremmilla annoksilla saadaan selvä sedaatio, johon voi liittyä kipua poistava teho. Hyvin suurilla annoksilla (yliannoksilla) eläimet menettävät ns. righting-refleksin eli kyvyn kääntyä selkäasennosta rinnan päälle makaamaan. Righting-refleksin katoaminen tulkitaan usein osoitukseksi lääkeaineen anesteettisesta vaikutuksesta. Refleksin katoamisesta huolimatta kaikkien aineiden analgeettinen teho ei riitä intubaation tekemiseen eikä kivulioiden operaatioiden suorittamiseen.

Rauhoitusaineilla pyritään ensisijaisesti kytkemään keskushermoston eksitatoriset radat pois päältä ja/tai lisäämään inhibitorista GABAergistä välitystä niin, että aiotut toimenpiteet (käsittely tai nuketuksen induktio) on helpompi suorittaa (⇒kuva 1-8).

Eri mekanismein toimivat rauhoitusaineet yleensä lisäävät toistensa vaikutusta. Käyttämällä hyväksi eri rauhoitusaineiden yhteisvaikutusta, saadaan rauhoitus ja nukuutus turvallisemmaksi. Esimerkiksi anestesian induktioon käytettävä lääkeannos saadaan pidettyä turvallisella tasolla tai inhalaatioanestesiassa nuketusta voidaan ylläpitää alhaisemmalla pitoisuudella, kun eläin on ensin asianmukaisesti esilääkitty ja kunnolla rauhoittunut.

Rauhoitusaineet ja niiden erilaiset yhdistelmät tulee valita käsiteltävän eläinlajin ja suoritettavan toimenpiteen mukaan (esim. tarvitaanko analgesiaa). Eri lääkeaineiden teho ja metabolianopeus vaihtelevat eläinlajeittain. **Opioidien** rauhoittava vaikutus on paras KOIRILLA. Pelkän opioidin käyttäminen HEVOSILLA, KISSOILLA, NAUDOILLA ja pienillä märehijöillä saattaa sedaation sijasta aiheuttaa eriasteisen keskushermoston kiihotustilan.

Eläinten nukuttamisessa on tavoitteena ns. **balansoitu anestesia** eli **yhdistelmä-anestesia**. Se on nuketustapa, jossa tiedottomuus, kivuttomuus ja lihasrentous aiheutetaan erikseen eri lääkeaineilla siten, että vaste mahdollisimman tarkasti vastaa haluttua vaikutusta, mutta samalla elimis-

tön normaalia toimintaa häiritään mahdollisimman vähän. Balansoitu anestesia voi sisältää esim. **asepromatsiinia** tai **α₂-agonistia** rauhoittavana esilääkkeenä, **bentso-diatsepiinia** lihasrelaksanttina, **propofolia** induktioaineena ja **isofluraania** nuketuksen ylläpitoon.

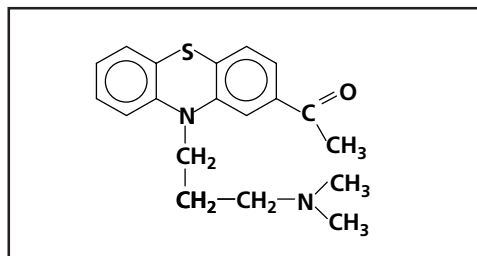
Neuroleptit

Fentiatsiinit

Fentiatsiineja käytetään eläinten rauhoittamiseen käsittelyä varten, esilääkkeinä sekä oksennusta estävinä ja matkapahoinvointilääkkeinä. **Asepromatsiini** (Plegicil®) ja **propionyylipromatsiini** (Combelen® vet) ovat eläinlääketieteessä eniten käytettyjä fentiatsiineja.

Fentiatsiinit lamaavat aivorunkoa ja perifeerisiä yhteyksiä aivokuoreen. Vaikutukset näkyvät lähinnä sympatolyttisenä yleisvaikutuksena, eläimet tulevat välinpitämättömiksi ympäristöstään ja niiden motorinen aktiiviteetti vähenee.

Vaikutusmekanismi. Reseptoritasolla fentiatsiinit salpaavat erityisesti D₂-dopamiinireseptoreita ja α₁-adrenergisiä reseptoreita. Muita vaikutuksia ovat H₁-histamiinireseptorien salpaus sekä lievä antikolinerginen vaikutus. D₂-Reseptorisalpaajina fentiatsiinit estävät oksennusmekanismeja. Matkapahoinvointilääkkeinä ovat fentiatsiinien piperatsiinijohdokset (**proklooriperatsiini**, **perfenatsiini**) osoittautuneet KOIRALLA ryhmän aineista tehokkaimmiksi. Fentiatsiineja, joilla on selvä antihistamiininen (H₁) vaikutus (**prometatsiini**-HCl), voi suositella käytettäväksi esim. kutisevan koiran rauhoittamiseen.

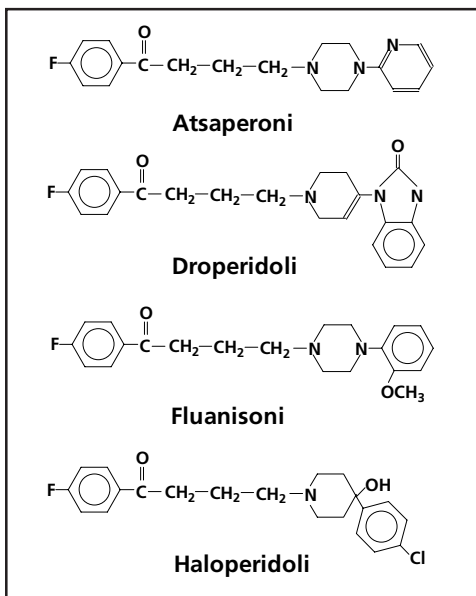


Kuva 2-2. Asepromatsiinin rakenne.

Haittavaikutukset. Fentiatsiiniannoksen suurentaminen yli suosituksen ei yleensä lisää sedaatiota vaan saattaa aiheuttaa ekstrapyramidaalioireita, kuten vapinaa, jäykkyyttä ja kouristelua. HEVONEN voi saada eksitaation liian nopean injektion seurauksena tai sen takia, että eläin on kiihtynyt tai säikähtää jotakin ulkopuolista ärsykettä (esim. korkea ääni, oven paukuttelu) anestesian aikana tai heti sen jälkeen.

Fentiatsiinit laskevat verenpainetta. Tämä ilmenee erityisen selvästi annosta suurennettaessa. Verenpaineen lasku on yhteydessä adrenergisten α_1 -reseptorien salpautumiseen, mistä seuraa vasodilataatio ja perifeerisen vastuksen lasku. Fentiatsiini-esilääkitystä tulee välttää epiduraalianestesian yhteydessä, koska molemmat alentavat verenpainetta ja summavaikutus voi olla kohtalokas.

Kliininen käyttö. Fentiatsiinit suojaavat sydäntä joidenkin nukutusaineiden aiheuttamilta rytmihäiriöiltä, minkä vuoksi fentiatsiinin käyttö voi olla perusteltua halotaanianestesian yhteydessä. **Asepromatsiinin** on todettu vähentävän malignin hypertermian kehittymistä halotaaniherkillä SIOILLA.



Kuva 2-3. Butyrofenonien rakenteita.

ORIILLA fentiatsiinit voivat aiheuttaa täydellisen siittimen esiinluiskahduksen, mikä johtuu mm. *m. retractor penis* -lihaksen lamaumisesta. Eläimillä, joilla on taipumusta epileptiformisiin kohtauksiin, fentiatsiineja pitää käyttää varoen, koska ne voivat edesauttaa kouristuskohtausten syntymistä. Antikolinergisen vaikutuksensa takia fentiatsiinit lamaavat suoliston liikkeitä kaikilla eläinlajeilla. Ne aiheuttavat myös hyperglykemiaa.

Butyrofenonit

Butyrofenonit muistuttavat vaikutuksiltaan fentiatsiineja, mutta niiden terapeutinen leveys (turvallisuusmarginaali) on suurempi. Molemmilla aineryhmillä hallitsevana on sympatolyttinen vaikutus, joka näkyy potilaan yleisenä rauhoittumisena ja vähentyneenä liikkumisena. Tärkeimmät butyrofenonit (kuva 2-3) ovat **atsaperoni** (Stresnil®), **droperidoli** (Dehydrobenzperidol®), **fluanisoni** sekä **haloperidoli** (Serenase®).

Butyrofenonit aiheuttavat ihmisillä epämiellyttäviä tuntemuksia, hallusinaatioita, levottomuutta ja aggressioita. Ei ole tietoa, kokevatko eläimet samalla tavalla, mutta joskus butyrofenoneilla rauhoitetut eläimet käyttäytyvät aggressiivisesti heräämisvaiheessa.

Haittavaikutukset. Fentiatsiinin tavoin butyrofenonit voivat aiheuttaa ekstrapyramidaalioireita. Suurehkoilla annoksilla esim. vapina ja kouristelu ovat yleisiä ja ne voivat ilmetä useiden tuntienkin kuluttua. Sen vuoksi butyrofenonien käyttöä tulisi välttää kouristeluun taipuvaisilla eläimillä tai toimenpiteiden yhteydessä, joissa voi esiintyä kouristelua (esim. myelografia).

Butyrofenonit aiheuttavat hypotension samaan tapaan kuin fentiatsiinit. Kliinisesti tämä näkyy esim. SIALLA siten, että iho muuttuu aivan kalpeaksi **atsaperonilla** rauhoitettaessa.

Kliininen käyttö. **Atsaperonia** käytetään SIOILLE stressin vähentämiseen ja tappelun ehkäisemiseen. Siat taistelevat arvoasemastaan, kun muodostetaan uusia kasvatus-

Taulukko 2-1. Pääasiassa ihmislääkinnässä käytettyjä bentsodiatsepiinejä.

- Alpratsolaami (Alprazolam[®], Alprox[®], Xanor[®])
- Diatsepaami (Diapam[®], Medipam[®], Ste-solid[®])
- Klonatsepaami (Rivatril[®])
- Klooridiatsepoksiidi (Risolid[®])
- Loratsepaami (Temesta[®])
- Midatsolaami (Dormicum[®], Midazolam[®])
- Oksatsepaami (Opamox[®], Oxamin[®], Oxepam[®])
- Nitratsepaami (Insomin[®])
- Tematsepaami (Normison[®], Tenox[®])
- Triatsolaami (Halcion[®])
- Tsolatsepaami

Taulukko 2-2. Bentsodiatsepiinien vaikutuksia.

- Pelon väheneminen
- Kesyyntyminen
- Kouristustaipumuksen väheneminen
- Lihasselaksaatio
- Sedaatio

ryhmiä tai pahnueita yhdistetään kuljetusten vuoksi. Butyrofenonit ovat tehokkaita D₂-dopamiiniantagonisteja ja siksi hyviä oksentamista ja matkapahoinvointia estäviä lääkkeitä.

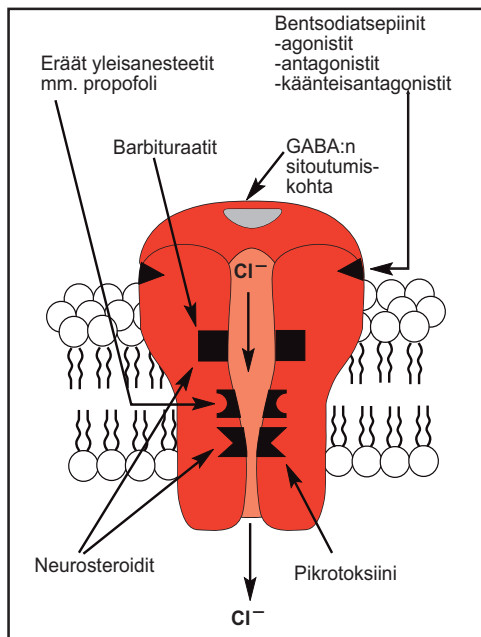
Yhdistelmät. Yhdistämällä butyrofenoni opioidiin, yleensä **fentanyyliin**, saadaan injisoitava neuroleptinen nukutusaine, jota käytetään koe-eläimillä. Markkinoilla on tuotteita, joissa molemmat aineet ovat valmiina: **droperidolin** ja **fentanyylin** yhdistelmävalmiste on Innovar-Vet[®] tai Thalamonal[®], **fluanisonin** ja **fentanyylin** yhdistelmä on Hypnorm[®]. Kombinaation hyvät ominaisuudet perustuvat ainakin osittain siihen, että butyrofenonit dopamiiniantagonisteina poistavat opioidien haittavaikutuksen stimuloida oksennuskeskusta ohjaavaa CTZ:ää (chemoreceptor trigger zone).

Bentsodiatsepiinit

Ihmisillä bentsodiatsepiinejä (taulukko 2-1) käytetään pääasiassa ahdistuneisuuden ja tuskaisuuden poistoon sekä uni- ja epilepsialäkkeinä (taulukko 2-2). Joillakin eläinlajeilla yksinään käytettyjen bentsodiatsepiinien vaikutukset voivat olla epävarmoja tai jopa haitallisia.

Vaikutusmekanismi. Bentsodiatsepiinien pääasiallinen vaikutusmekanismi on GABA:n inhibitoristen vaikutusten voimistaminen keskushermostossa. Bentsodiatsepiinien sitoutumiskohtat (**bentsodiatsepiinireseptorit**) ovat osa GABA_A-reseptorikompleksia (Kuva 2-4). Sen seurauksena eksitatorisen ja inhibitorisen välityksen tasapaino siirtyy inhibition puolelle (kuvat 1-3 ja 1-8).

Metabolia. Useat bentsodiatsepiinit metaboloituvat **nordiatsepaamiksi**, joka on



Kuva 2-4. Bentsodiatsepiinireseptorin ja GABA_A-reseptorin yhteys. Reseptorit sijaitsevat reseptorikompleksissa, joskin eri proteiineissa. GABA:n vaikutus Cl⁻-kanavaan tehostuu bentsodiatsepiinin sitoutuessa reseptoriinsa. Cl⁻-kanavien aukeaminen postsynaptisella solukalvolla johtaa hyperpolarisaatioon. Pieni eksitatorinen stimulus ei kykene depolarisoimaan solukalvoa ja tässä tilanteessa hermoimpulssin syntyyn tarvitaan aiempaa voimakkaampi eksitatorinen stimulaatio.

reseptoritasolla varsinainen aktiivinen GA-BAerginen lääkeaine. Muuntelemalla esimuotojen rakennetta voidaan vaikuttaa lipidiliukoisuuteen, imeytymisominaisuuksiin ja vaikutusaikaan.

Haittavaikutukset. Bentsodiatsepiinit ovat erittäin turvallisia. Yliannostuksessa maksimaalinen impulssin etenemistä lamaava vaikutus jää riippuvaiseksi vapautuneen endogeenisen GABA:n määrästä, jolloin bentsodiatsepiinin liika-anto ei enää vaikuta. Bentsodiatsepiinit eivät juuri vaikuta hengityselimistön toimintaan ja vaikutukset verenkiertoelimistöön ovat vähäiset. PAVIAANEILLA on kuvattu vieroitusoireita bentsodiatsepiinilääkityksen lopettamisen jälkeen.

Yhdistelmät. Bentsodiatsepiinit sopivat käytettäväksi yhdistelmäänestesoissa, vaikka ne yksinään voivat eläimillä aiheuttaa kiihtymystilan. Bentsodiatsepiinit potentsoivat **ketamiinin**, **barbituraattien** ja **opioidien** vaikutusta. Koska dissosiativisilla anesteeteilla yksin käytettynä saadaan aikaan huono lihasrentous, bentsodiatsepi-

nit soveltuvat lihaksia relaksoivan vaikutuksensa vuoksi hyvin ketamiiniyhdistelmään.

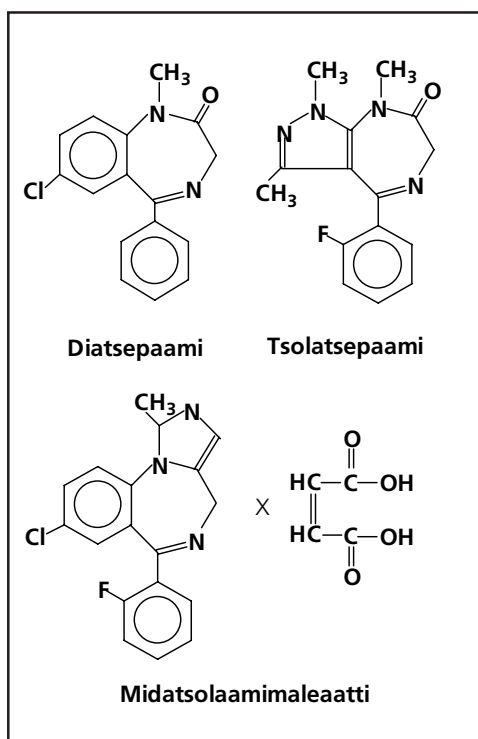
Diatsepaami (Diapam[®], Medipam[®], Stesolid[®], kuva 2-5) ei liukene veteen ja siksi ruiskeliuoksen pohja-aineena on käytetty **propyleeniglykolia**. Diatsepaamin laskimonsisäinen annostelu voi aiheuttaa laskimotulehduksen, johon liittyy veritulpan muodostuminen (tromboflebiitti). Se johtunee propyleeniglykolista, jolla on todettu muitakin haittavaikutuksia: se saattaa aiheuttaa rytmihäiriöitä vaikka diatsepaamilla itsellään on todettu rytmihäiriöitä vähentävä vaikutus. Lihaksensisäinen diatsepaamiriske on kivulias ja imeytyminen epävarmaa. Diatsepaamia on saatavana sekä injektiovalmisteena että tabletteina.

Diatsepaamia voi kokeilla KOIRAN *status epilepticuksen* hoitoon, joskin pitkävaikutteisilla **barbituraateilla** saadaan useimmissa tapauksissa varmempi hoitotulos. Diatsepaami lisää ruokahalua, minkä takia sitä on käytetty KISSAN ruokahaluttomuuden hoitoon. Väärinkäyttöä on esiintynyt yrityksinä lisätä lihakarjan kasvua.

Haittavaikutukset. Pelkän diatsepaamin käyttöä rauhoitusaineena tulee välttää ainakin KOIRA- ja KISSApotilailla. Rauhoittumisen sijasta KOIRA ja KISSA saavat suhteellisen usein eksitatorisen reaktion. Bentsodiatsepiinit tuovat helposti esiin kasvattajan vaimentamat, eläimille luonteenomaisesti kuuluvat aggressiiviset reaktiomallit. Vihaisuuteen taipuva eläin voi yhtäkkiä näyttää aggressiivisia puoliaan.

Midatsolaami (Dormicum[®], Midazolam[®], kuva 2-5) on vesiliukoinen bentsodiatsepiini, jota voidaan ongelmitta annostella lihakseen tai laskimonsisäisesti. Koira metaboloii midatsolaamin nopeasti ja siksi sen vaikutusaika on diatsepaamia lyhyempi. Midatsolaamia käytetään eläimillä lähinnä esilääkkeenä ja lihasrelaksanttina.

Tsolatsepaami (kuva 2-5) on bentsodiatsepiini, jota käytetään eläinten nukahtamiseen yhdessä **tiletamiinin** kanssa (yhdistelmävalmisteita Telazol[®] ja Zoletil[®]). Näitä kombinaatiovalmisteita voi käyttää yksinään eläinten nukahtamiseen tai samanaikaisesti esim. **α_2 -agonistien** kanssa.



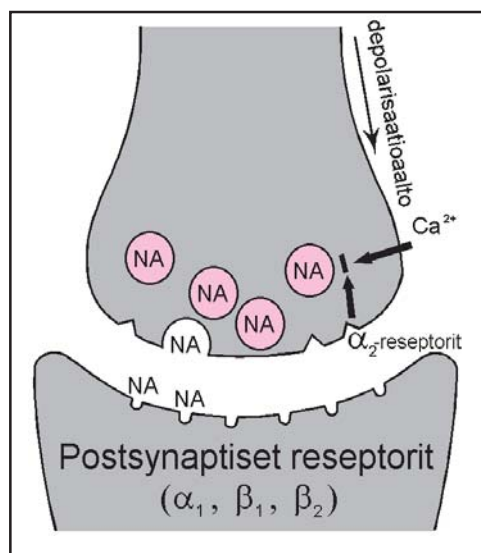
Kuva 2-5. Bentsodiatsepiinien rakenteita.

Bentsodiatsepiiniantagonistit

Flumatseniili (Lanexat®) on kompetitiivinen **bentsodiatsepiiniantagonisti**, joka 2–4 minuutin kuluessa poistaa esim. **diatsepaamin** tai vesiliukoisien **midatsolaamin** vaikutuksen. Sen vaikutusaika on suhteellisen lyhyt. Jos bentsodiatsepiinin annos on ollut hyvin suuri, flumatseniilin annos voidaan joutua uusimaan noin tunnin kuluessa. Ihmisillä flumatseniiliä käytetään lähinnä bentsodiatsepiinien yliannostuksen hoidossa.

α_2 -Adrenergiset agonistit

Vaikutusmekanismi. Adrenergiset α_2 -reseptorit sijaitsevat adrenergisissä hermopäätteissä sekä pre- että postsynaptisesti. Keskushermostossa rauhoittumiseen liittyviä toimintoja välittävät reseptorit sijaitsevat pääosin presynaptisesti. Niiden aktivoiminen α_2 -agonisteilla vähentää neuronien välittäjäaineena toimivan **noradrenaliinin** vapautumista, mistä seuraa sentraalisen noradrenergisen tonuksen lasku ja eläimen rauhoittuminen. α_2 -Reseptorit jaetaan useisiin alatyyppeihin, α_{2A} , α_{2B} ja α_{2C} ,

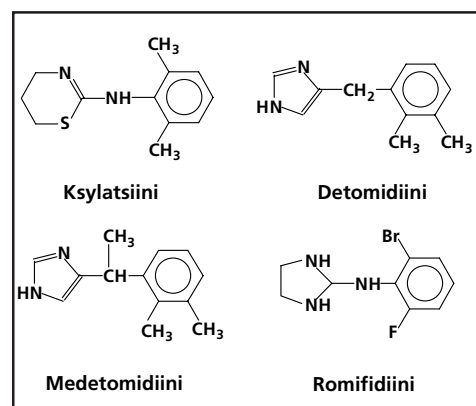


Kuva 2-6. α_2 -Agonistin vaikutusmekanismi. Presynaptisen reseptorin varautuminen agonistilla johtaa endogeenisten katekoliamiinien vapautumisen estymiseen.

joista lähinnä α_{2A} -alatyypin välittää sedatiota. G_i-proteiinit välittävät α_2 -reseptorin stimulaation solukalvolta toisilähteille solun sisään, adenylylysyklaasin toiminta estyy ja syklisen AMP:n pitoisuus pienenee. Kalsiumin virta presynaptiseen neuronin heikkenee, mistä seuraa noradrenaliinin varastorakkuloiden heikentynyt kyky kalsiumista riippuvaan eksosytoosiin (kuva 2-6).

Vaikutukset. Eläimillä α_2 -agonisteja (kuva 2-7), kuten **ksylatsiinia** (Narcoxyl® vet, Rompun® vet), **detomidiinia** (Domosedan® vet), **medetomidiinia** (Domitor® vet) ja **romifidiinia** (Sedivet®), käytetään rauhoittamiseen. α_2 -Agonisteilla on myös kipua lievittävä vaikutus. Selkäytimen tasolla on todettu suora analgeettinen vaikutus. α_2 -Reseptorien aktivoituminen selkäytimessä estää kipuimpulssien kulun perifeerisestä vauriokohdasta kohti keskushermostoa. Kliinisesti se voidaan osoittaa niin, että epiduraalitaalun ruiskutetut α_2 -agonistit, samoin kuin **opioidit**, saavat aikaan samantapaisen tunnottomuuden kuin epiduraalisesti käytetyt paikallispuudutteet (**lidokaiini**). α_2 -Agonistien sentraalinen kipua lievittävä teho perustuu lähinnä rauhoittavaan vaikutukseen, joka muokkaa yksilön kipureaktiota vähemmän epämiellyttäväksi. Esim. hevosen koliikissa **ksylatsiini** ja **detomidiini** ovat erittäin tehokkaita kipujen lievittäjiä.

α_2 -Agonistit saavat aikaan lihasrelaksaation sentraalisella mekanismilla. Siksi α_2 -

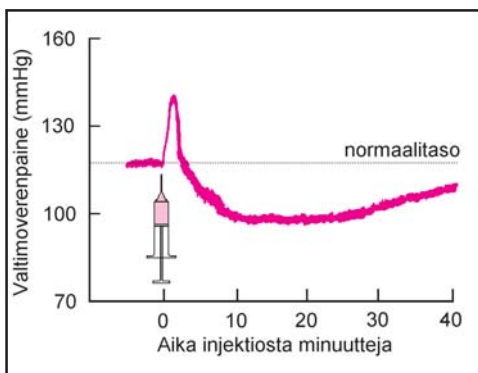


Kuva 2-7. α_2 -Adrenergisiä agonisteja.

agonistit sopivat ketamiinianestesian esilääkkeeksi. α_2 -Agonistiesilääkitys vähentää huomattavasti barbituraattien, propofolin ja inhalaatioanesteettien tarvetta, joten on varottava anesteettien yliannostusta.

Laskimonsisäinen annostelu tuo parhaiten esille tyypilliset α_2 -agonistien vaikutukset verenkiertoelimistön toimintaan (kuva 2-8). α_2 -Agonistimolekyylien kiinnittyminen verisuonten seinämien postsynaptisiin α_2 -reseptoreihin aiheuttaa vasokonstriktion. Se havaitaan ohimenevänä verenpaineen nousuna, jota seuraa pulssin hidastuminen elimistön fysiologisena vastareaktiona. Bradykardiasta johtuen HEVOSILLA ja KOIRILLA havaitaan säännöllisesti sydämen johtokatkoksia, jotka EKG:ssä nähdään 1°AV-, 2°AV- ja SA-salpauksina. Muutaman minuutin kulluttua lääkkeen annostelusta verenpaine palautuu lähtötasolle tai laskee sen alapuolelle, vaikka vasokonstriktio yhä jatkuu. Tämä johtuu sentraalisesta sympaattisen tonuksen lamaantumisesta. Sama sympatolyysi pitää sydämen lyöntitiheyden selvästi normaalia alhaisempana koko lääkkeen vaikutuksen ajan. Jatkuvan perifeerisen vasokonstriktion vuoksi erityisesti pienillä eläimillä laskimoiden löytäminen voi vaikeutua α_2 -agonistilääkityksen aikana. Myös sydämen minuuttitilavuus pienenee ja perifeerinen vastus lisääntyy α_2 -agonistien vaikutuksesta.

α_2 -Agonistien vaikutukset hengitykseen vaihtelevat. Yleensä hengitystiheys piene-



Kuva 2-8. α_2 -Agonistien tyypilliset vaikutukset verenpaineeseen i.v.-injektion jälkeen.

nee tai pysyy ennallaan lääkkeen antamisen jälkeen, mutta on kuvattu tapauksia, joissa hengitystiheys on suurentunut. Hengityksen frekvenssistä riippumatta hapen osapaine veressä laskee ohimenevästi ja hiilidioksidin osapaine nousee lähes poikkeuksetta α_2 -agonistirauhoituksen aikana.

Lajierot. Eri α_2 -adrenergisten agonistien teho ja vaikutusaika vaihtelevat huomattavasti eläinlajeittain. Ksylatsiini tehoaa hyvin MÄREHTIJÖILLÄ, mutta HEVOSELLE, KOIRALLE ja KISSALLE joudutaan käyttämään noin kymmenkertaista annosta (mg/kg) saman vaikutuksen saamiseksi. Toisaalta **detomidinilla** ja **romifidiinilla** saadaan sekä hevonen että lehmä rauhoitettua suunnilleen samalla annostasolla.

Haittavaikutukset. KISSOISTA suurin osa oksentaa α_2 -agonistin annostelun jälkeen, jotkut yksilöt voivat oksentaa myös heräämisvaiheessa. KOIRAT ovat vähemmän herkkiä. Oksennusmekanismi välittynee oksennuskeskuksen yhteydessä olevien postsynaptisten α_2 -reseptorien kautta, sillä α_2 -antagonisteilla, kuten **johimbiinilla**, saadaan oksennusmekanismi estettyä (samalla estyy rauhoittuminen).

HEVOSELLA penis luiskahtaa esiin α_2 -adrenergisen lääkityksen yhteydessä, mutta ei yhtä täydellisesti kuin **fentiaatsiinien** johdannaisia käytettäessä. MÄREHTIJÖIDEN SUUSTA alkaa valua runsaasti sylkeä. Toisten tutkimusten mukaan tämä johtuu lisääntyneestä syljenerityksestä, toisten mielestä syljeneritys ei muutu, mutta rauhoitettu eläin ei kykene nielemään normaalisti.

Eläimet ovat rauhoittumisvaiheessa herkkiä poikkeaville äänille, valoille ja hajuille. Eläimen pitää saada rauhoittua rauhallisessa ja hiljaisessa paikassa. α_2 -Agonistit aiheuttavat hyperglykemiaa ja glukosuriaa, mikä on huomattava laboratoriotuloksia tulkittaessa. Ryhmän aineilla aikaansaadun rauhoitusvaikutuksen mentyä ohi eläimet virtsaavat runsaasti. α_2 -Agonistit vaikuttavat suoraan munuaistubuluksen Na^+/H^+ -vaihtojärjestelmään. Tubulussolujen pH laskee vetyionin kertyessä soluun ja samalla Na^+ jää virtsaan.

Suoliston kolinergisissä synapseissa α_2 -reseptoreiden stimulaatio estää asetyylikoliinivapautumista ja tätä kautta suoliston motiliteettia. Suolen motiliteetin vähentyminen näkyy HEVOSEN suolistokoliikissa kivun lievittymisenä. Koliikin yhteydessä täytyy varoa pelkkää symptomaattista hoitoa, koska oireiden hävittämisellä saatetaan hidastaa diagnoosiin pääsyä. MÄREHTIJÖILLÄ α_2 -rauhoituksen yhteydessä näkyy hyvin usein pötsin tympaniaa. **Ksylatsiinin** käyttöä on syytä välttää LEHMÄLLÄ tiineyden loppukolmanneksella, sillä se aiheuttaa kohdun seinämän supistumista, mikä saattaa joskus johtaa aborttiin. Alkionsiirtotekniikojen yhteydessä on myös syytä välttää kohdun motiliteettia lisäävää rauhoitusta. **Detomidiini** on tässä suhteessa vaarattomampi rauhoitusaine.

Antikolinerginen esilääkitys (**atropiini**, **glykopyrroni**) vähentää α_2 -agonistien vaikutusta sydämen lyöntitiheyteen. Nykyisen tietämyksen mukaan rutiininomainen atropiini- tai glykopyrrooniesilääkitys α_2 -agonistien käytön yhteydessä ei ole suositeltavaa, koska se saattaa aiheuttaa takykardiaa ja/tai lisätä rytmihäiriöiden mahdollisuutta. Jos potilaalla on huomattavan alhainen pulssi jo ennen rauhoitusaineen annostelua, atropiinin käyttö voi olla paikallaan.

α_2 -Agonistien vaikutuksen poistaminen (α_2 -antagonistit)

α_2 -Antagonistit, kuten **johimbiini**, estävät tai poistavat α_2 -agonistien rauhoittavan vaikutuksen. Tutkimuksen edetessä on kehitetty entistä spesifisempiä α_2 -antagonisteja kuten **tolatsoliini**, **idatsoksaani** ja **atipametsoli** (Antisedan®). Kaikkien kliinissä käytössä olevien α_2 -agonistien (**ksylatsiinin**, **detomidiinin**, **medetomidiinin** ja **romifidiinin**) rauhoittava vaikutus voidaan spesifisesti kumota α_2 -antagonisteilla. Jos vahingossa ensin annostellaan antagonistit, se estää agonistin rauhoittavan vaikutuksen. Uudemmissa α_2 -antagonisteista tolatsoliini on vähiten α_2 -spesifinen – sillä on myös selvä α_1 -antagonistinen vaikutus.

α_2 -Antagonistien vaikutus on nopea: sedaatio häviää ja eläin kykenee kävele-

mään muutamassa minuutissa i.v.-annoksen jälkeen. Myös α_2 -agonistien sydänvaikutukset kumoutuvat, jolloin sydämen lyöntinopeus kasvaa ja verenpaine palautuu normaaliksi. α_2 -Antagonistit annostellaan joko i.v. tai i.m. Suonensisäisesti annettu lääkeaine vaikuttaa nopeammin, mutta teho kestää pidempään lihaksensisäisen annostuksen jälkeen. α_2 -Agonisteilla rauhoitetut eläimet saadaan piristymään myös käyttäen sentraalisia analepteja, kuten **doksapraamia** ja **4-aminopyridiiniä**.

α_2 -Antagonisteja voi teoriassa käyttää myös epäspesifisen sedaation kumoamiseen. Ne antagonisoivat osittain kaikkia aineita, jotka heikentävät synaptista transmissiota. Siten α_2 -antagonisteilla voi saada **barbituraattien**, **ketamiinin** ja **bentsodiatsepiinien** lamaavaa vaikutusta poistettua, käytännössä tämä teho on vähäistä.

Kliininen käyttö. MÄREHTIJÄT ovat erityisen herkkiä **ksylatsiinin** vaikutuksille. LEHMÄ voi mennä makuulle, vaikka sedaatio oli tarkoitettu niin lieväksi, että eläin jäisi seisoamaan. Ksylatsiinin vaikutus voidaan joutua kumoamaan silloin, kun etumahat ovat pysähtyneet ja tympania näyttää vaaralliselta tai jos eläimen toipumista ei ehditä valvoa.

KOIRALLA **ksylatsiinin** tai **medetomidiinin** vaikutus on tarkoituksenmukaista kumota esimerkiksi röntgentutkimuksen tai pienten toimenpiteiden jälkeen. JOS KOIRA tai KISSA on nukutettu **ketamiini-ksylatsiini-** tai **ketamiini-medetomidiini-** yhdistelmällä, ei ksylatsiinin tai medetomidiinin vaikutusta saa kumota liian aikaisin, sillä ketamiinin jäädessä vaikuttamaan yksinään se aiheuttaa ekstrapyramidaalioireita, kuten vapiinaa, kouristuksia tai kiihtymystilan.

KISSALLA **ksylatsiinin** tai **medetomidiinin** vaikutus on tarkoituksenmukaista kumota, jos anestesia näyttää vaarallisen syvältä tai jos KISSA halutaan luovuttaa omistajalle pirteänä.

Kloraalihydraatti

Kloraalihydraatti oli ensimmäisiä eläimille käytettyjä sedatiiveja. Se oli 1950–1970-luvuilla käytössä suurelaimilla, varsinkin HEVOSELLA, mutta uudet, turvallisemmat val-

misteet ovat syrjäyttäneet sen melkein kokonaan. Pieniä laboratorioeläimiä nukutetaan kloraalihydraatilla vielä jonkin verran.

Kloraalihydraatti on väritöntä, kiteistä ainetta, joka liukenee helposti veteen. Se on hyvä hypnootti, ts. eläin nukkuu hyvin, mutta kivunpoistokyky on huono. Siksi on syytä käyttää muita aineita kivuliaiden toimenpiteiden yhteydessä. Elimistössä kloraalihydraatti hapettuu trikloorietanoliksi. Tämä metaboliitti vastaa keskushermostoa lamaavasta, hypnoottisesta vaikutuksesta. Maksassa trikloorietanoli inaktivoituu konjugoitumalla glukuronaatiksi.

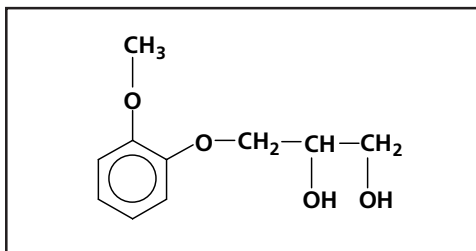
Motoriset ja sensoriset hermot saadaan lamattua vasta suurilla, lähes toksisilla annoksilla. Anestesia on tällöin syvä ja kestää useita tunteja. Suuret annokset lamaavat voimakkaasti hengitys- ja vasomotorista keskusta. Mahdollinen kuolema aiheutuu yleensä hengityspysähdyksestä. Yleensä kloraalihydraattia käytetään vain eläimen rauhoittamiseen tai nukuttamiseen ja kivunpoisto hoidetaan esim. paikallispuudutuksella.

Antotavat. Kloraalihydraattia voidaan antaa eläimelle p.o., i.v. tai i.p. l.p.-annostelu on käytössä lähinnä pienillä koe-eläimillä, vaikka se ärsyttää jonkin verran kudoksia. Kloraalihydraatilla ei ole erityisiä vaikutuksia ruoansulatuskanavan ja maksan toimintaan. Hypnoottiset annokset aiheuttavat vain vähän muutoksia hengitykseen, sydämeen ja verenkiertoon. Niiden ei ole todettu aiheuttavan vaurioita sydänlihaksessa.

Guaifenesiini

Guaifenesiini (glyseryyligujakolaatti) on i.v. annosteltava lääkeaine, joka on sedatiivinen, lievästi hypnoottinen sekä voimakkaasti lihaksia relaksoiva, mutta se ei poista kipua. Sitä käytetään myös yskänlääkkeissä ekspektoranttina.

Guaifenesiini (kuva 2-9) on käyttökelpoinen lihasrelaksantti erilaisissa yhdistel-



Kuva 2-9. Guaifenesiinin rakenne.

määnestesioidissa ja sopii käytettäväksi eri eläinlajeilla (⇒ luku 9).

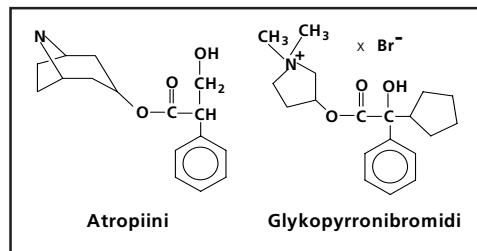
Antikolinergit (parasymptolyytit)

Atropiinisulfaatti (Atropin®) ja **glykopyrroni** (Glycostigmin®, Robinul®) ovat tavallimmat eläinestesiologiassa käytettävät antikolinergiset aineet (kuva 2-10).

Vaikutusmekanismi. Atropiini on *Atropa belladonna* -kasvista peräisin oleva alkaloidi, joka estää asetyylikoliinin muskariiniset vaikutukset. Atropiini kilpailee asetyylikoliinin kanssa muskariinireseptoreista (M_1 , M_2 , M_3) ja salpaa ne asetyylikoliinin vaikutukselta. Tällöin sileät lihakset relaksoituvat, rauhaseritys vähenee (sylki-, maha- ja suolistorauhaset), keuhkoputket laajenevat sekä sydämen *vagus*vaikutukset estyvät. Pupilla laajenee sulkijalihaksen relaksoituessa ja akkommodaatiokyky katoaa. Mydriaasi voi kestää useita vuorokausia atropiinilääkityksen jälkeen.

Farmakokinetiikka. Atropiini läpäisee veri-aivoesteen ja aiheuttaa sen vuoksi keskushermosto-oireita, kuten rauhattomuutta ja kouristuksia. Glykopyrroni ei läpäise veri-aivoestettä yhtä helposti ja on sen vuoksi turvallisempi – vain perifeeriset parasymptolyttiset vaikutukset näkyvät. Glykopyrroni ei myöskään pääse istukan läpi sikiön verenkiertoon, joten se on keisarileikkauksessa atropiinia suositellumpi vaihtoehto.

Indikaatiot anestesiassa. Antikolinergisen esilääkityksen tarkoituksena on vähentää syljen- ja keuhkoputkien eritystä, ehkäistä *vagus*en kautta välittyvät heijastevaikutukset sekä estää joidenkin lääkeaineiden aiheuttama parasymptattisen



Kuva 2-10. Antikolinergien rakenteita.

hermoston stimulaatio. Nykyiset inhalatioanesteetit eivät enää ärsytä limakalvoja klassisen anesteetin, eetterin tavoin ja siksi antikolinergistä esilääkitystä ei enää tarvita. Poikkeuksen muodostavat hyvin pienikokoiset eläimet, joiden hengitystiet ovat pieniä ja ahtaita. Näillä eläimillä vähäinenkin limaneritys voi tukkia hengitystiet ja siksi atropiinin käyttö voi olla perusteltua. Pään ja kaulan alueella suoritettava toimenpide voi tahattomasti stimuloida *vagus*-hermoa ja aiheuttaa siten bradykardiaa, joka on ehkäistävässä antikolinergisellä esilääkityksellä.

Antikoliiniesteraaseja, kuten **neostigmiinia**, käytetään anestesiologiassa mm. kura-retyyppisten lihasrelaksanttien vaikutuksen kumoamiseen. Antikoliiniesteraasien haitalliset muskariinivaikutukset on syytä ehkäistä atropiinilla.

Useat rauhoitus- ja nukutusaineet vähentävät sydämen lyöntitiheyttä. Atropiinia tai glykopyrronia käytettiin aikaisemmin bradykardian estämiseen. Nykyään ei enää suositella antikolinergien käyttöä rutiininomaisesti pulssin kohottamiseen.

Haittavaikutukset. Atropiini voi aiheuttaa sinustakykardiaa ja rytmihäiriöitä, glykopyrroni on tässä suhteessa turvallisempaa. Mydriaasi heikentää näköä ja aiheuttaa silmien valonarkuutta. Jotkut eläinlajit, esim. HEVOSET, voivat olla huomattavan hermostuneita äkillisestä näön heikkenemisestä. Suoliston liikkeiden väheneminen voi aiheuttaa kaasun kertymistä ja koliikkioireita HEVOSILLE. NAUTOJEN syljen viskositeetti lisääntyy atropiinin vaikutuksesta ja syljen valuminen ulos suusta vaikeutuu. Ihmispotilaat kokevat kuivan suun hyvin epämiellyttävänä eikä ole syytä epäillä eläinten poikkeavan ihmisistä tässä suhteessa. Antikolinergien käyttö on vasta-aiheinen eläimillä, joilla on takykardiaa.

Käyttö eri lajeilla. Atropiini ruiskutetaan tavallisesti s.c., i.m. tai i.v. noin 15–30 minuuttia ennen muuta käsittelyä. MÄREHTIJÖILLÄ atropiini emäksisenä aineena päätyy ionittumisen takia suurelta osin pötsiin. Heikon vaikutuksen vuoksi ei märehäijöille

ole järkevää käyttää atropiinia. Joillakin kaniineilla on **atropiiniesteraasia**, joka hajottaa atropiinia. Näillä yksilöillä on käytettävä jättiannosta. HEVOSILLA on varottava atropiinin käyttöä. Jos HEVOSEN suolisto on täysi, seuraa suolen liikkeiden lamautumisesta ja sekreetion pysähtymisestä se, että rehumassa seisoessaan rupeaa käymään aiheuttaen ähkyoireita. Postoperatiivinen *ileus* on tavallinen. Jos HEVOSELLA aikoo käyttää atropiinia, on se pidettävä paastolla 12 tuntia ennen atropiinin antamista.

Glykopyrroni on vähitellen korvaamassa atropiinin. Siirtyminen glykopyrronin käyttöön johtuu siitä, että se saa aikaan atropiinia harvemmin haittavaikutuksena sinustakykardiaa ja kammiooperäisiä rytmihäiriöitä.

Antikolinergien vaikutuksen poistaminen

Yleensä ei ole tarpeellista poistaa esilääkitykseen käytetyn **atropiinin** tai **glykopyrronin** aikaansaamaa parasymptomolyyttistä vaikutusta. Joskus se on kuitenkin välttämätöntä niillä PIENELÄIMILLÄ, jotka ovat saaneet lääkityksen seurauksena sinustakykardian tai ennenaikaisia kammiohyöntejä.

HEVOSELLA voidaan atropiinin vaikutus joutua kumoamaan, jos se saa suolen pysähtymisen seurauksena koliikin. Joskus suolen liikkeiden käynnistymistä joudutaan valvomaan paksusuolen operaatioiden jälkeen. Kolinergisistä aineista on tähän tarkoitukseen aiemmin käytetty **karbakoliinia** ja koliiniesteraasi-inhibiittoreista **neostigmiinia** (Glycostigmin® ei tähän sovellu, koska sisältää myös glykopyrronia). Ennen suolen laittamista väkisin liikkeelle kolinergisillä aineilla, on varmistauduttava siitä, että suolisto on jokseenkin tyhjä tai huolehdittava suolen sisällön hydraatiosta. Kantavilla eläimillä kolinerginen lääkitys aiheuttaa aborttivaaran.

Antagonistit herättämisessä

Antagonistit eli vastavaikuttajat ovat aineita, jotka poistavat tai ehkäisevät toisen lääkeaineen vaikutuksen (taulukko 2-3).

Antagonisti voi olla spesifinen, esim. **opioidiantagonisti** tai α_2 -**antagonisti**, jolloin se vaikuttaa vain tietyn vaikutusmekanismin omaavien lääkkeiden toimintaan. Kyseiset reseptorit voidaan tarvittaessa tyhjentää kilpailevilla antagonisteilla, ja näin saadaan rauhoitusaineen vaikutus nopeasti kumottua. Toinen ryhmä eläinanestesiologiassa käytettyjä antagonisteja on ns. **sentraaliset analeptit**, jotka stimuloivat keskushermostoa epäspesifisesti. Samalla ne vilkastuttavat hengityskeskusten toimintaa ja lisäävät yleistä vireystilaa riippumatta siitä, millä lääkeaineilla rauhoitus ja/tai nukutus on aiheutettu. Spesifiset antagonistit ja sentraaliset analeptit tukevat toistensa vaikutusta.

Eläimen rauhoitus ja nukutus kannattaa suunnitella niin, että aineiden vaikutus saadaan tarvittaessa farmakologisesti kumottua reseptoritasolla. Tällöin heräämistä voidaan nopeuttaa sopivia antagonisteja käyttämällä. Inhalaatioanestesiassa on suhteellisen helposti järjestettävissä anestesian pinnallistuminen, koska nukutusaine haihtuu nopeasti uloshengitysilman mukana. Kaikkien injisoitavien sedatiivien ja anesteettien eliminaatio jää eläimen oman metabolian sekä maksa- ja munuaiserytyksen varaan.

Vaikutuksen poistamisella on myös joka päiväisessä potilashoidossa käytännön merkitystä, esimerkiksi KOIRAN sedaation voi kumota parissa minuutissa ja koira saadaan kävelemään vaikka leikkauspöydältä. On vaarallista jättää HEVONEN puolitajuiseen tilaan, jossa sen raajat eivät toimi kunnolla. JOS VILLIELÄIMIÄ jostain syystä rauhoitetaan tai nukutetaan, ne melkein poikkeuksetta herätetään antagonisteilla heti toimenpiteen jälkeen. Suuri eläin voi hätääntyessään loukata itsensä tai pyristellessään saada jopa sydänvaurioita. Huomioi se, että kun käytetään spesifisiä antagonisteja poistamaan rauhoitus- ja/tai nukutusaineen vaikutus, myös kipua poistava teho samalla häviää. Jos antagonisteja käytetään tilanteessa, jossa on syytä epäillä eläimen kärsivän postoperatiivisesta kivusta, sille on annettava

toisen vaikutusmekanismin omaavia kipulääkkeitä. Esimerkiksi, jos käytetään **opioidiantagonisteja** herättämiseen, kivun hoitoon voidaan antaa tulehduskipulääkkeitä.

Antagonistien käytössä on suuri ero eläin- ja ihmisanestesiologiassa. Antagonistien käyttö ihmispotilailla (lihasrelaksanttien vasta-aineita lukuun ottamatta) ei ole yleistä, kun taas eläinanestesiologiassa se on käytännön syistä lähes rutiininomaista. Eläinten heräämisvaihetta ehditään harvoin valvomaan niin hyvin kuin se olisi tarpeen.

Sentraaliset analeptit

Anestesiologiassa käytetyt analeptit, **doksapraami** ja **4-aminopyridiini** stimuloivat pääasiassa hengityskeskusta ja lisäävät jonkin verran yleistä vireystilaa. Hengityskeskusten lamaantuminen on liian syvän anestesian ensi oireita. Analepteista voi olla hyötyä eläimen palauttamisessa liian syvästä anestesiasta. Muilla analepteilla on toisenlaisia vaikutuksia, ne mm. aktivoivat oksennuskeskusta (**apomorfiini**, Apomorphin®), poistavat väsymystä (**amfetamiini**) tai stimuloivat selkäytimen refleksiärttyvyyttä poistamalla glysiinergisen inhibition (**strykniini**).

Doksapraami

Doksapraamia (Dopram®) on käytetty stimuloimaan hengitystä ja piristämään eläintä anestesian päätyttyä. Se stimuloi aivoja ja selkäydintä vaikuttamatta inhiboiivien ratoihin. Doksapraami aktivoi pienillä annoksilla *glomus caroticumin* kemoreseptoreja ja stimuloi hengitystä. Respiratoriset neuronit stimuloituvat epäsuorasti perifeeristen kemoreseptorien stimulaation kautta. Pienillä annoksilla hengityksen minuuttitilavuus nousee hengitystilavuuden lisääntymisen myötä. Suurilla annoksilla doksapraami stimuloi epäspesifisesti keskushermostoa, jonka seurauksena verenpaine nousee ja esiintyy takykardiaa, arytmioita, vapinaa, kiihotusta ja kouristelua. Nykytietämyksen perusteella doksapraamin käyttöä varsinkin pieneläinten

Taulukko 2-3. Anestesiassa käytettyjä agonisteja ja niiden spesifisiä antagonistteja.

Ryhmä	Agonisti	Ryhmä	Antagonisti
α_2-Agonistit	Ksylatsiini Detomidiini Medetomidiini Romifidiini	α_2-Salpaajat	Johimbiini Atipametsoli Idatsoksaani Tolatsoliini
Opioidit	Morfiini Metadoni Fentanyl Petidiini (= meperidiini) Alfentaniili Sufentaniili Oksimorfon Etorfiini	Opioidiantagonistit	Naloksoni Nalorfiini Diprenorfiini
Bentsodiatsepiinit	Diatsepaami Midatsolaami	Bentsodiatsepiini- antagonistit	Flumatseniili
Antikolinergit	Atropiini Skopolamiini (hyoskiini) Glykopyrroni	Antikoliiniesteraasit Kolinergit	Neostigmiini Fysostigmiini Karbakoliini
Neuromuskulaari- salpaajat (nondepolaris.)	D-Tubokurariini Gallamiini Pankuroni	Antikoliiniesteraasit	Neostigmiini Edrofony

elvytyksessä ei ole suositella sen haitallisten sydänvaikutusten vuoksi.

4-Aminopyridiini

4-Aminopyridiini on tehokas keskushermostostimulantti, joka lisää välittäjäaineiden vapautumista ja impulssinvälitystä keskushermoston synapseissa. Periferiasa lisääntyy erityisesti kolinerginen välitys. 4-Aminopyridiinin vaikutusmekanismi on kahtalainen. Ensiksi se estää K^+ -kanavien toimintaa, jolloin Ca^{2+} -ionien sisäänkäyminen hermopäätteisiin hermojen depolarisoitumisessa lisääntyy. Kalsium toimii toisolähtetä synapsirakkuloiden tyhjennysmekanismissa. Aine siis lisää kalsiumin ottoa hermopäätteissä ja välittäjäaineiden vapautumista. Tämän vaikutuksen takia saadaan **asetylikoliini**pitoisuus nousemaan myös hermo-lihasliitoksessa. Ihmisellä 4-aminopyridiiniä käytetään lähinnä neuromuskulaarisalpauksen kumoamiseen. Toiseksi

4-aminopyridiini kilpailee **α_2 -reseptoreissa** sekä agonistin että antagonistin kanssa sitoutumiskohdasta. Siten ksylatsiin, detomidiin, medetomidiin ja romifidiin sedatiivisia vaikutuksia voidaan vähentää. Liian suuri 4-aminopyridiiniannos aiheuttaa kouristelua. 4-Aminopyridiiniä käytetään usein kombinoituna spesifisiin reseptoriantagonisteihin, kuten α_2 -antagonisteihin (**johimbiini**, **atipametsoli**) tai **naloksoniin**. 4-Aminopyridiini **naloksonin** kanssa samanaikaisesti annettuna poistaa nopeasti **droperidoli-fentanyl-neuroleptianalgesian** samoin kuin muidenkin neuroleptianalgesiayhdistelmien vaikutuksen.

Kofeiini

Ksantiinianalogit kuten kofeiini toimivat keskushermostossa adensiiniantagonisteina ja niillä on siten pirstävää vaikutusta. Tehokkaammat analeptit ovat syrjäyttäneet kofeiinin anestesiologian valikoimasta.

3. Kivun fysiologia

Antti Pertovaara

Fysiologisissa oloissa kipuviestit kertovat kudostuhosta tai sen uhasta ja auttavat siten suojaamaan elimistöä välittömässä ympäristössä olevista vaaroista (= nosiseptio). Kipuviestejä vievät aivoihin useat nousevat radat, joiden toimintaa säätelevät elimistön omat kipua muuntelevat järjestelmät. Kivun oireenmukainen hoito perustuu näiden elimistön omien muuntelevien järjestelmien aktivointiin esimerkiksi lääkeaineilla tai erällä fysikaalisilla hoitomuodoilla. Erilaisissa patofysiologisissa tiloissa kipujärjestelmässä esiintyy huomattaviakin plastisia muutoksia, jotka voivat myötävaikuttaa pitkäaikaisten hoidolle resistenttien kiputilojen syntyyn.

Kipukomponentit ja kivun arviointi

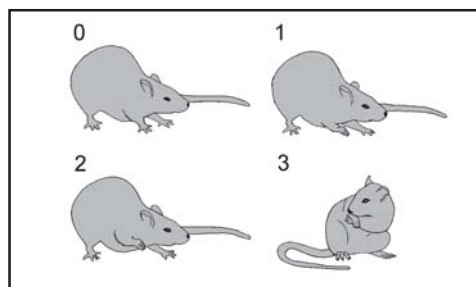
Kipu aistimuksena voidaan jakaa kahteen pääkomponenttiin. **Sensoris-diskriminatiivinen kipukomponentti** kertoo kudostuhoärsyksen ajallis-paikallisista ominaisuuksista sekä fysikaalisesta intensiteetistä. **Affektiivis-motivatiivinen kipukomponentti** taas kertoo kivun kärsimyksestä.

Näitä kivun eri komponentteja voidaan ihmisillä arvioida erityisten kipusanastojen avulla. Eläinten kipuaistimusten arviointi perustuu epäsuoriin havaintoihin käyttäytymisessä ja autonomisen hermoston toiminnassa.

Kiputestit

Sensoris-diskriminatiivisen kipukomponentin mittaamiseen on kehitetty lukuisia kvantitatiivisia käyttäytymistestejä, joissa saadaan toistettavia tuloksia. Näitä testejä ovat mm. kuumaleytyesti (**hot plate**) ja hännän nykäisytesti (**tail flick**). Kiputestauksissa mitattavia vasteita ovat jalan

koukistus- eli fleksioheijaste, suunavausheijaste, ääntely (vokalisaatio), muun toiminnan keskeytyminen, autonomisen toiminnan muutokset kuten sydämen sykkeen muutos tai verenpaineen nousu, stressihormonien erityksen lisäys jne. (kuva 3-1). Kiputesteissä testiärsykkeiden muutokset (esim. kuumaärsyksen voimistuminen) sekä lääkeaineet muuntelevat eläinten kipukäyttäytymistä samalla tavoin kuin ne muuntelevat ihmisen kipuaistimustakin. Näin ollen on voitu tehdä se olettamus, että eläimillä tehtävät kipukäyttäytymisen mittaukset kuvastavat eläimen kokemaa kipua, vaikkakin eläimillä mitataan aistimuksia epäsuorasti motorisen käyttäytymisen tai autonomisen hermoston vasteiden perusteella. Näiden etupäässä sensoris-diskriminatiivisen kivun mittaamiseen kehitettyjen testien pe-



Kuva 3-1. Oikeaan etukäpälään annetun kemiallisen kipuärsyksen aiheuttama muutos rotan käyttäytymisessä. Kuvassa on numeerisesti luokiteltu kivun voimakkuus asteikolla 0–3. 0: ei kipua, paino tasaisesti jakautunut käpälille; 1: lieväkipu, rotta aristaa kävellessä oikeaa etukäpälää ja seisustuu vain osittain varaa ko. käpälälle; 2: kohtalainenkipu, rotta pitää oikeaa etukäpälää jatkuvasti ilmassa; 3: voimakaskipu, rotta taajaa nuolee, ravistelee ja mahdollisesti myös puree oikeaa etukäpäläänsä.

rusteella on kuitenkin vaikea arvioida kivun kärsimyskomponenttia.

Affektiivis-motivationalisen kivun (kärsimyksen) luotettava ja kvantitatiivinen arviointi eläimillä on nykyisin käytössä olevan tiedon perusteella hyvin vaikeata. Toonisen tai kroonisen kivun eläinmalleissa esiintyy kuitenkin käyttäytymistä, jota mahdollisesti voitaisiin pitää kivun affektiivisena ilmentymänä. Näitä käyttäytymisilmiöitä ovat mm. spontaani vokalisaatio, jalan tooninen fleksioheijaste sekä autotomia (= vammautuneen kehonosan pureskelu).

Koska eläinten kivun arviointi perustuu epäsuoriin menetelmiin, niin näihin arvioihin liittyy lukuisia mahdollisuuksia vääriin tulkintoihin. Erilaiset kipuvasteet perustuvat ainakin osittain eri mekanismeihin, mikä vuoksi erityyppiset kipuvasteet voivat käyttäytyä eri tavoin eri tilanteissa.

Esimerkiksi ihmisillä on osoitettu, että sedatiivinen aine, **bentsodiatsepiini**, vaimentaa huomattavasti tehokkaammin affektiivis-motivationalista kuin sensoris-diskriminatiivista kipukomponenttia. Näin ollen sensoris-diskriminatiivista kipukomponenttia mittaavassa testissä (esim. hännänkäisytesti) bentsodiatsepiinin tehottomuus tutkittavalla annoksella ei suinkaan merkitse sitä, että ko. aine samaisella annoksella ei voisi vaimentaa eläimen affektiivis-motivationalista kipua. Toisaalta jokin lääkeaine voi selektiivisesti vaimentaa kivun mittarina käytettävää motorista tai autonomista vastetta johtaen väärään johtopäätökseen, että ko. aine vaimentaa kipua. Tästä esimerkkinä α_2 -adrenergisen antagonistin selektiivinen tassun nuolentavastetta vaimentava vaikutus kuumalevytestissä, mitä voitaisiin harhaanjohtavasti pitää lääkkeen aiheuttamana kivun vaimentumisena, vaikka muilla kiputesteillä mitattuna samainen lääkeaine ei vaimennakaan kipukäyttäytymistä tai kipusolujen toimintaa.

Lääkeaineiden kipua vaimentavat vasteet voivat olla myös submodaliteettiselektiivisiä siten, että esimerkiksi lääke vaimentaa tehokkaammin kuumakipua kuin mekaanisesti aiheutettua kipua, jolloin joh-

topäätökset pelkästään yhden kivun submodaliteetin (mekaaninen, termalinen tai kemiallinen kipu) tutkimisesta voivat olla harhaanjohtavia.

Eläinten kipukäyttäytymisen arviointia vaikeuttaa myös se, että kivun mittarina käytettyjä motorisia ja autonomisia vasteita voi syntyä myös muista syistä kuin kivun aiheuttamana. Niinpä esim. raajojen kouristusheijaste voi tietyissä oloissa syntyä puhtaasti kivuttomana heijasteena osana liikkumisen (lokomotion) säätelypiiriä. Uuden ärsyksen aiheuttama kivuton ns. orientaatiorefleksi aiheuttaa myös monenlaisia autonomisia ja motorisia vasteita, joiden erotteleminen "oikeista" kipuvasteista vaatii huomattavaa ammattitaitoa.

Myös korkeampien aivotointojen aiheuttama säätely voi monin tavoin vaikeuttaa kipukäyttäytymisen arviointia. Esimerkiksi eläin, joka on useita kertoja vaikkapa kuumalevytestissä, voi oppia nuolemaan tassuaan jo kivuttoman ärsyksen kokiessaan, koska se on oppinut, että siten se saa kokeen päättymään ja välttyä kokonaan kivuliaalta ärsykkeeltä. Ahdistuminen voi tunnetusti aiheuttaa ihmisessäkin käyttäytymismuutoksia, joita eläimillä esiintyessään saatettaisiin tulkita kivun merkiksi (esim. raajojen pureskelua). Kaiken kaikkiaan voidaan sanoa, että eläinten kivun arviointi vaatii monia erityyppisiä testejä ja ammattitaitoa arvioida testien tuloksia.

Syntymekanismien perusteella kipu voidaan jakaa **elimelliseen** ja **psykogeeniiseen**. **Elimelliset kiputilat** voidaan edelleen jakaa nosiseptiseen ja neurogeeniiseen (tai neuropaattiseen) mekanismiin perustuviksi. **Nosiseptisessä kiputilassa** kipuradat ovat aktivoituneet ääreishermostojärjestelmien ärtyvän (esim. iskemian tai ulkoisen kudosta vaurioittavan ärsyksen) vuoksi. **Neurogeenisessä kiputilassa** kipuviestin synnyttää kipuradassa oleva tautiprosessi, joka esimerkiksi vaurioittaa hermosolun kalvoa. Tällä kipujaottelulla on merkitystä kivun oireenmukaisen hoidon kannalta, sillä syntymekanismiltaan erilaiset kiputilat vaativat erityyppisiä hoitoja. **Morfiini** te-

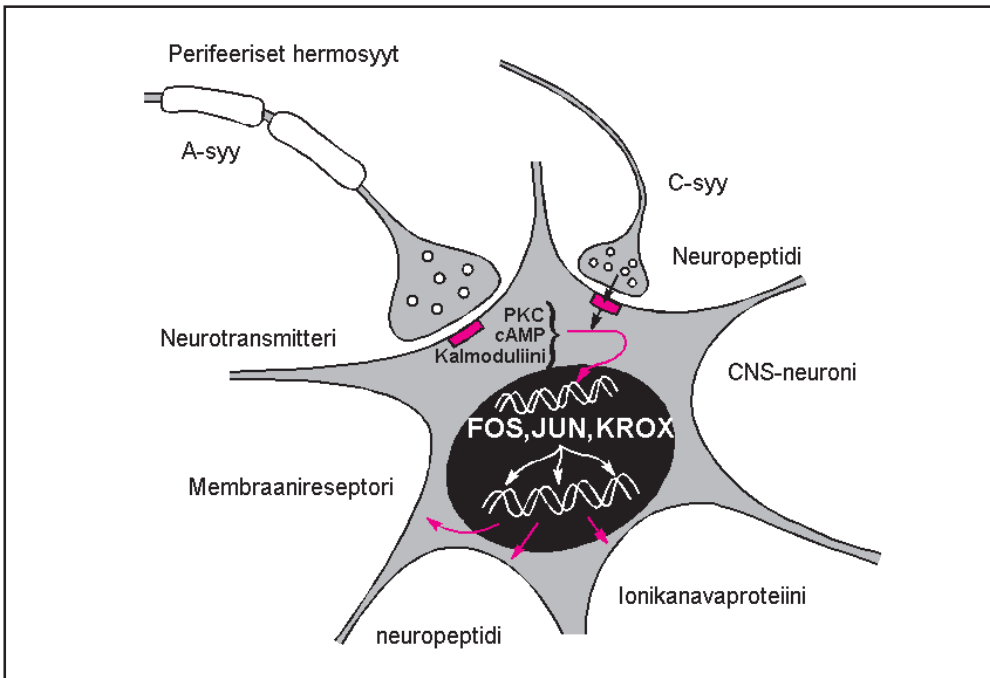
honnee paremmin nosiseptisiin kiputiloihin kuin eräisiin neurogeenisiin kipuihin, kun taas eräät muut lääkeaineet (esimerkiksi **epilepsialääkkeet**) saattavat tehotta paremmin joissakin neurogeenisissä kiputiloissa. Nosiseptinen, neurogeeninen ja psykogeeninen kipu saattavat esiintyä myös yhtä aikaa vaikkapa syövän yhteydessä.

Kivun välitysjärjestelmät

Kudoksissa (uhkaavaa) kudostuhoa aistimassa on nosiseptisiä hermopäätteitä, jotka vievät viestit ohuita myeliinitupellisia Aδ- tai myeliinitupettomia C-hermosyitä pitkin keskushermostoon. Kudoksissa olevilla nosiseptisillä C-syillä on myös merkittäviä troofisia (kudosta ylläpitäviä) tehtä-

viä. Nosiseptisen C-hermosyyn päätteen aktivoituessa vapautuu hermopäätteestä sekä (ns. aksonirefleksin avulla) kyseisen hermosyyn muista päätehaarakkeista kudokseen erilaisia neuropeptidejä, jotka käynnistävät kudostuhon korjausmekanismeja (mm. lisäävät paikallista verenkiertoa). Osa nosiseptisistä hermosyistä ei ole aktivoitavissa luonnollisilla ärsykeillä fysiologisissa olosuhteissa, vaan ne toimivat vain patofysiologisissa tilanteissa, esimerkiksi tulehduksen hermistäminä.

Nosiseptiset ääreishermosyöt vievät kipuviestin **selkäytimen takasarveen**, jossa sijaitsevat toisen asteen nosiseptiset neuronit. Välittäjäaineina synapseissa on aminohappoja (esim. glutamaatti) sekä pep-



Kuva 3-2. Noksinen ärsyke voi aiheuttaa keskushermoston neuronissa pitkäaikaismuutoksia. Nosiseptisistä C-syistä vapautuvat välittäjäaineet (erityisesti aminohappo glutamaatin, GLU, voimakas ja pitkäkestoinen vapautuminen sekä glutamaatin vaikutuksia potentioivan substanssi P:n vapautuminen) aktivoivat Ca^{2+} -ionin sisäänvirtauksen ja toisiolähetien (esim. cAMP, PKC, kalmoduliini, IP_3) avulla varhaiset geenit neuronin tumassa. Nämä puolestaan valmistamiensa proteiinituotteiden (FOS, JUN, KROX) kautta säätelevät toisten geenien toimintaa, joiden proteiinituotteet saattavat vaikuttaa mm. solukalvon ionikanavien ja reseptorien toimintaan. Glutamaatin NMDA-reseptorin antagonisteilla (esim. **ketamiini** tai MK-801) voidaan ainakin osittain estää tämän tapahtumaketjun käynnistyminen.

tidejä (esimerkiksi **substanssi P**). Selkäytimen takasarvessa kipuviesti muokkautuu monin tavoin. Yksittäinen nosiseptistä ääreishermaa pitkin tuleva aktiopotentiaali ei normaalisti riitä aktivoimaan selkäytimen nosiseptisiä neuroneita, vaan tarvitaan huomattava ajallinen ja paikallinen summautuminen. Lisäksi kipuviestin kulkua selkäytimessä säätelevät voimakkaasti kipua muuntelevat järjestelmät.

Selkäytimen takasarven nosiseptisissä neuroneissa ilmenee myös toiminnallisia **pitkäaikaismuutoksia** (kuva 3-2). Niiden syntymiseen voi riittää suhteellisen lyhytaikainen voimakas ärsyke, joka aktivoi nosiseptiset C-syyt. Nosiseptiset C-syyt vapauttavat synapsirakoon välittäjäaineita, jotka saavat aikaan solukalvon reseptorin ja solun sisäisten toisiolähettilien aktivaation. Erytisesti glutamaatin ns. NMDA-reseptorin aktivaatio saa aikaan monia merkittäviä solun sisäisten toisiolähettilien toiminnan muutoksia ja keskushermostosolun toiminnan pitkäaikaismuutoksia.

Glutamaatin NMDA-reseptorin aktivaatio edellyttää pitkäkestoista glutamaatin vapautumista presynaptisista hermopääteistä, sillä lyhytkestoinen glutamaatin vapautuminen synapsirakoon riittää aktivoimaan ainoastaan glutamaatin ns. ei-NMDA-reseptorit. Erytisen tehokas solun sisäisten toisiolähettilien aktivaatio seuraa glutamaatin ja neuropeptidien (esim. substanssi P) vapautumisen yhteisvaikutuksesta. Solunsisäisten toisiolähettilien aktivaatioon liittyy erilaisia fosforylaatiomuutoksia, jotka muuttavat solun toimintaa (esim. vaste kipusignaalille voi herkistyä).

Solun sisäisten toisiolähettilien aktivaatio saa aikaan selkäydinsolun tumassa myös ns. **varhaisten geenien** (esim. c-FOS, c-JUN, KROX-24) ekspression. "Varhaisten geenien" proteiinituotteet puolestaan kontrolloivat eräiden muiden geenien toimintaa, joiden proteiinituotteet saattavat vaikuttaa hermosolun toimintaan. Ne saattavat mm. vaikuttaa kalvon ionikanavien toimintaan ja siten solun ärtyvyyteen sekä solukalvon reseptorien herkkyyteen välittäjäaineil-

le. Näin siis kudokseen kohdistuva noksinen ärsyke saattaisi geneettisen mekanismin aktivaation kautta aiheuttaa pitkäaikaismuutoksia selkäytimen kipua välittävän solun toiminnassa, mikä voisi olla yhtenä syynä eräille pitkäaikaisille kipu- ja hyperalgesiatiloille. Tosin on huomattava, että toistaiseksi ei varhaisten geenien osuutta kipua välittävien neuronien toiminnan muutoksissa tai pitkäaikaisissa kiputiloissa ole vielä voitu vakuuttavasti todentaa.

Lyhyempikestoisia muutoksia selkäytimen kipua välittävän solun toiminnassa voi aiheuttaa synaptisen signaalin **pitkäaikaispotentiaatio** glutamaatin NMDA-reseptorin aktivoitumisen välityksellä, mikä edellyttää voimakasta C-syyt aktivoivaa ärsytystä sekä siitä seurannutta runsasta glutamaatin vapautumista (lisäksi mahdollisesti neuropeptidien yhtäaikaista vapautumista) synapsirakoon selkäytimen takasarvessa. Eräiden noksisten ärsytysten aiheuttamien pitkäkestoisten hyperalgesiatilojen estyminen tai ainakin vaimeneminen ennaltaehkäisevästi annetulla NMDA-reseptorin salpaajilla on viite siitä, että NMDA-reseptoreilla on merkittävä osuus joidenkin pitkäaikaisen kiputilojen synnyssä.

Selkäytimen takasarvesta kipuviestit nousevat keskushermoston ylempiin osiin pääosin kontralateraalista selkäytimestä talamukseen vievää **spinotalaamista rataa** pitkin (kuva 3-3). On myös useita muita nousevia nosiseptisiä ratoja (esimerkiksi spinoretikulaarinen, spinomesenkefaalinen, takajuosteen postsynaptiset nousevat radat), joiden merkitys kipuaistimukselle on vielä epäselvä. Osa näistä muista nousevista radoista osallistunee ainakin kivun muuntelujärjestelmien aktivaatioon ja osa (takajuosteen postsynaptiset radat) sisäelinkivun välitykseen. Spinotalaaminen rata jakautuu keskiseen aivorungon retikulaariformaatioon ja **mediaaliseen talamukseen vievään paleospinotalaamiseen rataan** sekä **lateraaliseen talamukseen vievään neospinotalaamiseen rataan** (kuva 3-3).

Koska lateraalitalamukseen vievässä radassa tieto kipuviestistä on ajallis-paikalli-

sesti hyvin järjestynyt, otaksutaan **lateraalitalamuksen** nosiseptisten solujen viestittävän kivun **sensoris-diskriminatiivisesta** komponentista. Mediaalitalamuksessa nosiseptiset solut eivät pysty kovinkaan hyvin kertomaan kivun ajallis-paikallisista ominaisuuksista. Koska lisäksi mediaalitalamuksen ja limbisen järjestelmän välillä on runsaat yhteydet, on klassisesti otaksuttu **mediaalitalamuksen** nosiseptisten solujen viestittävän kivun **affektiivis-motivaationaalisesta** komponentista.

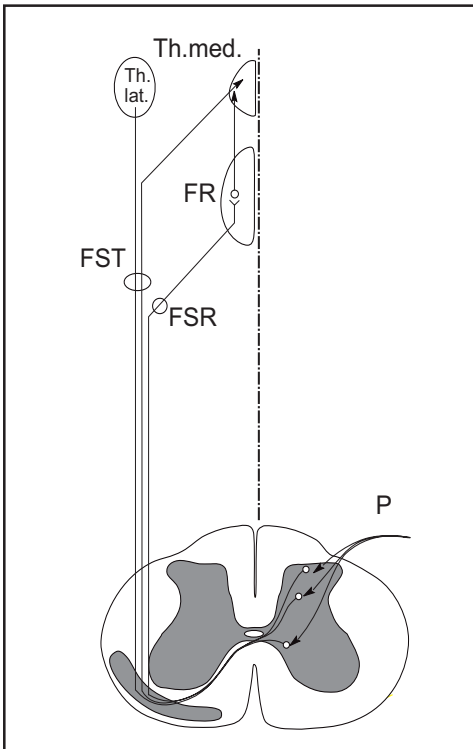
Eläinkokeissa isoavokuoren somatosensorisilla alueilla I ja II on myös osoitettu olevan nosiseptisiä soluja, jotka toiminnal-

listen ominaisuuksiensa puolesta saattavat myötävaikuttaa sensoris-diskriminatiivisen kipuaistimuksen syntyyn. Myös ihmisellä suoritetuilla aivojen toiminnallisilla kuvantamistutkimuksilla (**PET** eli positroniemissiotomografiatutkimus sekä **FMRI** eli funktionaalinen magneettikuvaus) on osoitettu kontralateraalisen somatosensorisen aivokuoren alueiden I ja II aktivoituminen kivuliaalle ärsykkeelle, mikä on korreloitunut samanaikaisesti mitattuun sensoris-diskriminatiiviseen kipuvasteeseen. Lisäksi näissä ihmiskokeissa on havaittu kipuärsykkeen aiheuttamaan epämiellyttävyyteen korreloitava aktivaatio anteriorisessa *cingulumissa*, mikä puolestaan viittaa siihen, että aivojen limbiseen järjestelmään kuuluva *cingulum* liittyy kivun emotionaaliseen komponenttiin.

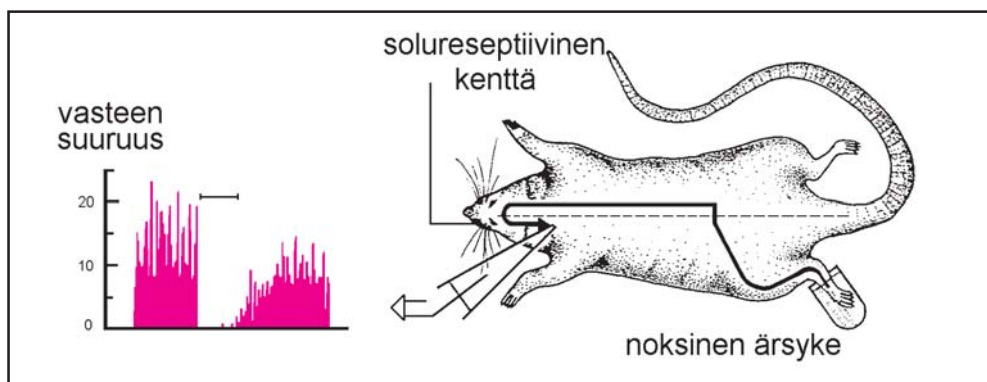
Kivun muuntelujärjestelmät

Selkäydintasosta lähtien kipuviestejä muuntelevat voimakkaasti useat järjestelmät, jotka poikkeavat toisistaan anatomian, toiminnallisten ominaisuuksien sekä välittäjäaineiden suhteen. Mekanismissa, jossa toinen sensorinen ärsyke lamaa kipuviestejä, sanotaan **afferentiksi estoksi**. Eräs muoto afferentista estosta on ns. **porttikontrollityyppinen kivun muuntelu**, jossa paksujen kosketustuntosyiden aktivaatio estää kollateraaliaksonien kautta kipuviestien kulkua selkäytimen takasarvessa. Porttikontrollityyppinen esto voi olla selittämässä mm. transkutaanisen hermoärsytyksen aiheuttamaa kivun lievitystä.

Toinen tyyppi afferenttia kivun muuntelua on "kipu estää kipua" -mekanismi (kuva 3-4), joka poikkeaa monin tavoin porttikontrollityyppisestä estosta. Sen aktivoimiseen tarvitaan noksinen (= potentiaalisti kudostuhoa aiheuttava) ärsyke, ja se on vaikutuksiltaan multisegmentaalinen perustuen aivorungon kautta kiertävään rataan. Osa **akupunktion** kipua lievittävästä vaikutuksesta saattaa perustua multisegmentaalisesti vaikuttavaan "kipu estää kipua" -mekanismiin akupunktioneulujen ärsyttäessä nosiseptisiä hermopäätteitä.



Kuva 3-3. Spinotalaaminen kipurata. Primaariafferenti (P) tuo nosiseptisen viestin selkäytimen takasarveen, josta toisen asteen neuronin vie viestin suoraan lateraalitalamukseen (*Th. lat.*) tai mediaalitalamukseen (*Th. med.*). Osa mediaalitalamukseen tulevista nosiseptisistä viesteistä kulkee aivorungon retikulaariformaation (FR) kautta. FSR = spinoretikulaarinen rata, FST = spinotalaaminen rata.

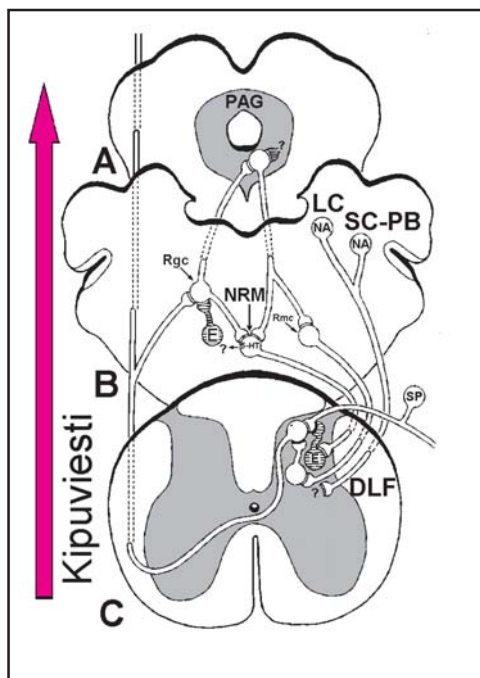


Kuva 3-4. 'Kipu estää kipua' -mekanismi. Kuvassa rekisteröidään nosiseptisiä vasteita rotan kuonoa hermottavasta toisen asteen neuronista. Kun samaan aikaan vasen takajalka kastetaan kuumaan veteen (noksinen ärsyke, kuvassa janan pituinen aika), vaimenee vaste kuonosta.

Aivorungosta **laskeutuu selkäyttimeen** useita kipua muuntelevia **ratoja**, joiden neurofysiologia, anatomia ja välittäjäainemekanismi on erilainen. Keskiavoharhasta, *raphe magnus*-tumakkeesta ja *locus caeruleus*stä lähtevät laskevat radat ovat parhaiten tunnettuja (kuva 3-5). Välittäjäaineina näissä järjestelmissä on ainakin endogeenisiä **opioideja** (⇒ luku 5), **serotoniinia**, **noradrenaliinia** sekä ilmeisesti erilaisia

peptidejä. Aivorungosta selkäyttimeen laskevia muuntelevia ratoja voidaan ohjalla aivojen ylemmistä osista osana korkeampiin aivotoimintoihin liittyvää kivun säätelyä sekä myös aktivoida selkäytimen nousevien kipuratojen kautta mm. osana afferenttia kivun esto.

Akuuttiin stressiin voi liittyä voimakas kivun esto, joka ainakin osittain selittyy endogeenisten **opioidien** vapautumisesta. Endogeenisiä opioideja vapautuu akuutissa stressissä mm. adenohypofyysistä (**β-endorfiinia**) sekä lisämunuaisen ytimestä (**enkefaliineja**). Stressialgesiajärjestelmän aktivaatio voi selittää urheilusuorituksen tai



Kuva 3-5. Laskevat kipuviestä muuntelevat radat. Keskiavoiissa (A) ja ydinjatkoksessä (B) sijaitsevista tumakkeista laskeutuu selkäyttimeen (C) useita kipuviestä muuntelevia ratoja. Tunnetuimpia näistä kipua muuntelevista tumakkeista ovat endogeenisiä **opioideja** sisältävä keskiavoharha (PAG), **serotoniinia** (5-HT) sisältävä *n. raphe magnus* (NRM) sekä **noradrenaliinia** (NA) sisältävä *locus caeruleus* (LC). Monien keskushermostoon vaikuttavien kipulääkkeiden, kuten **morfiinin**, vaikutus perustuu näiden kipua muuntelevien järjestelmien aktivaatioon. DLF = dorsolateraalinen rata, E = **enkefaliinit**, SC-PB = *subcaeruleus-parabrachialis* -tumakkeet, Rgc = *gigantocellularis*-tumake.

traumaattisen tilanteen (onnettomuus, taisyhteinen) yhteydessä ilmenevää analgesiaa.

Korkeammat aivotoinnot voivat myös muunnella kipua merkittävästi. Kokeellisesti on osoitettu, että kipu voimistuu keskittyessä tarkkailemaan kipuärsykettä, kun taas keskittäessä tarkkaavaisuus muualle kipu vaimenee. Koulutetuilla eläimillä suoritetut keskushermoston yksikkösolurekisteröinnit osoittavat, että tarkkaavaisuuden kipua muunteleva vaikutus ilmenee jo selkäydintasolla (kuva 3-6), mikä perustuu aivorungosta selkäyttimeen laskeutuviin mekanismeihin. Myös ehdollistumista kipuärsykkeille on osoitettu jo selkäydintason yksittäissolurekisteröinneissä nukuttamattomilla eläimillä (kuva 3-7).

Kivun farmakologinen, fysikaalinen ja behavioraalinen **hoito** perustuu elimistön omien kipua muuntelevien järjestelmien hyväksikäyttöön. Kipua muuntelevien järjestelmien vaurioiden tutkimus on jo antanut viitteitä siitä, että osassa hoidolle resistentistä kiputiloista saattaisi olla takana vaurio jossakin keskushermoston kipua muuntelevista järjestelmistä. Kipua muuntelevien rinnakkaisten järjestelmien parempi tuntemus voi avata uusia mahdollisuuksia hoidolle resistenttien kiputilojen lievittämiseen. Useiden erillisten kipua

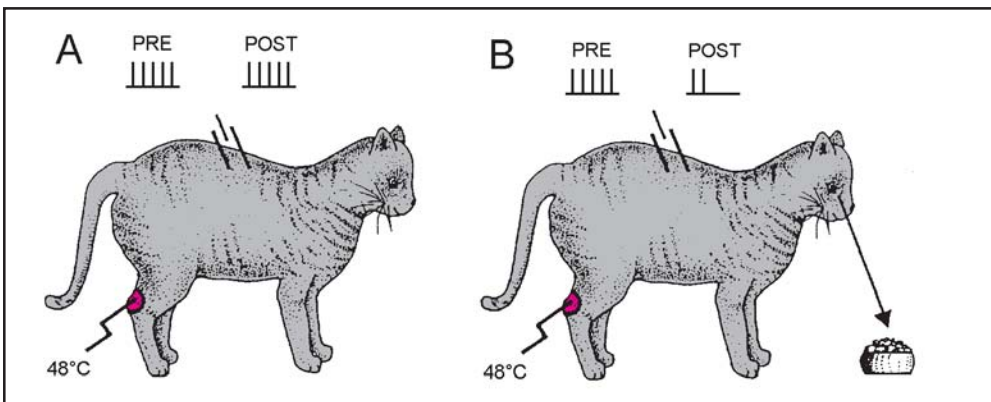
muuntelevien järjestelmien rinnakkainen aktivaatio saattaa myös tarjota mahdollisuuksia vähentää kivun hoitoon liittyviä haittavaikutuksia (esim. **morfiinin** käyttöön liittyvää hengityslamaa), kun yhdistämällä useita eri järjestelmiä aktivoivia kipuhoitoja voidaan vähentää vaikkapa tarvittavan morfiinin määrää.

Kipujärjestelmän plastisuus

Kipujärjestelmään liittyy huomattavaa plastisuutta kaikilla hermoston tasoilla. Sekä ääreishermosto- että keskushermostotason vaurio voi aiheuttaa merkittäviä muutoksia sekä kipua välittävien että muuntelevien järjestelmien toiminnassa.

Kudoksen vammaan, vaikkapa palovammaan, liittyy **nosiseptoreiden herkistyminen** (kuva 3-8), mikä osaltaan selittää palovammaan liittyvää hyperalgesiaa. Tämän perifeerisen hyperalgesiamekanismin lisäksi voimakas noksinen ärsyke, esimerkiksi palovamma, aiheuttaa keskushermostoperäistä hyperalgesiaa, missä voi olla mekanismina edellä mainitut geneettiset muutokset sekä pitkäaikaispotentiaatio keskushermoston neuroneissa.

Mikäli ääreishermo katkeaa niin, ettei regeneraatio onnistu, pyrkivät naapurierhojen nosiseptiset syyt versomaan tyhjän



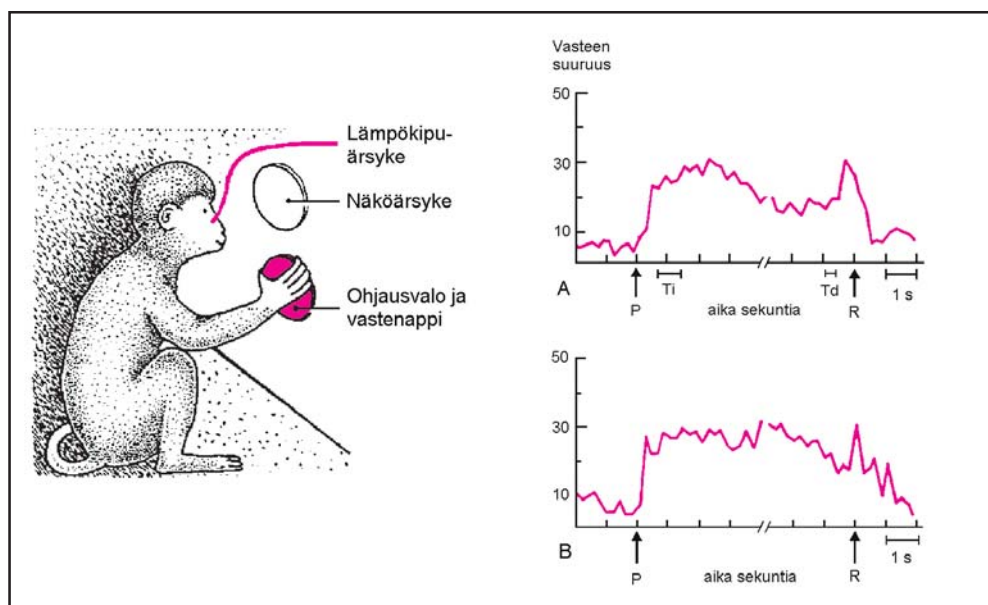
Kuva 3-6. Tarkkaavaisuus voi muunnella nosiseptisen solun vasteita jo selkäydintasolla. Kuvassa nukuttamattoman kissan selkäytimestä rekisteröidään samaan aikaan primaariafferentin (PRE) ja toisen asteen neuronin (POST) vastetta kuumaärsykkeelle. Kun kissa kiinnittää tarkkaavaisuutensa ruokapalkkion tuovaan visuumotoriseen tehtävään, on vaste toisen asteen selkäydinneuronissa samalle fysikaaliselle kipuärsykkeelle vaimeampi (kuva B), kuin jos kissalla ei ole tarkkaavaisuutta vaativaa tehtävää (kuva A).

hermottomattomaan tilaan. Paksut kosketustuntosyyt eivät verso, joten naapurihermojen versottamasta tilasta tulee etupäässä nosiseptisiä viestejä. Ääreishermon katkeaminen aiheuttaa selkäydintasolla muutoksia myös estävien välittäjäaineiden määrässä sekä neuroanatomisia muutoksia ääreishermpäätteiden yhteyksissä selkäytimen takasarvessa (mekanoreseptiiviset päätehaarat leviävät hermottamaan nosiseptisiä keskushermostosoluja). Nämä selkäydintason plastiset muutokset selittävät osaltaan, miksi pienikin ärsyke hermoaurioalueen lähistöllä, jopa kevyt kosketus, voidaan tuntea voimakkaana kipuna: ratojen voimakas tooninen esto puuttuu ja kosketusratojen viestit saattavat ohjautua kipuratoihin.

PET-tutkimukset neuropaattisesta kivusta kärsivillä ihmispotilailla ovat myös antaneet sangen yllättäviä tuloksia. Eräällä neuropaattisesta kivusta kärsivällä potilasryhmällä eivät klassisesti keskeisenä pidetyn kivun välitysjärjestelmän (spinotalaamisen radan) pääte-elimet (talamus ja isoavokuori) olleetkaan aktivoituneita kuten kokeellisessa fysiologisessa kiputilassa, vaan pääasiallinen aktivaatio löytyi limbisen järjestelmän alueelta (esim. *cortex cingularis*). Aaveraajasärystä kärsivillä potilailla suoritettu aivojen magneettikuvaus puolestaan osoitti aaveraajasäryn korreloituvan aivokuoren somatosensorisen alueen laajuuden muutoksiin.

Kivun välitys- ja muuntelujärjestelmä on osoittautunut sangen plastiseksi. Signaali muokkautuu matkalla monin tavoin. Kipuärsyke voi aiheuttaa pitkäaikaispotentiaation ja mahdollisesti geneettistenkin mekanismien avulla pitkäaikaisia toiminnallisia

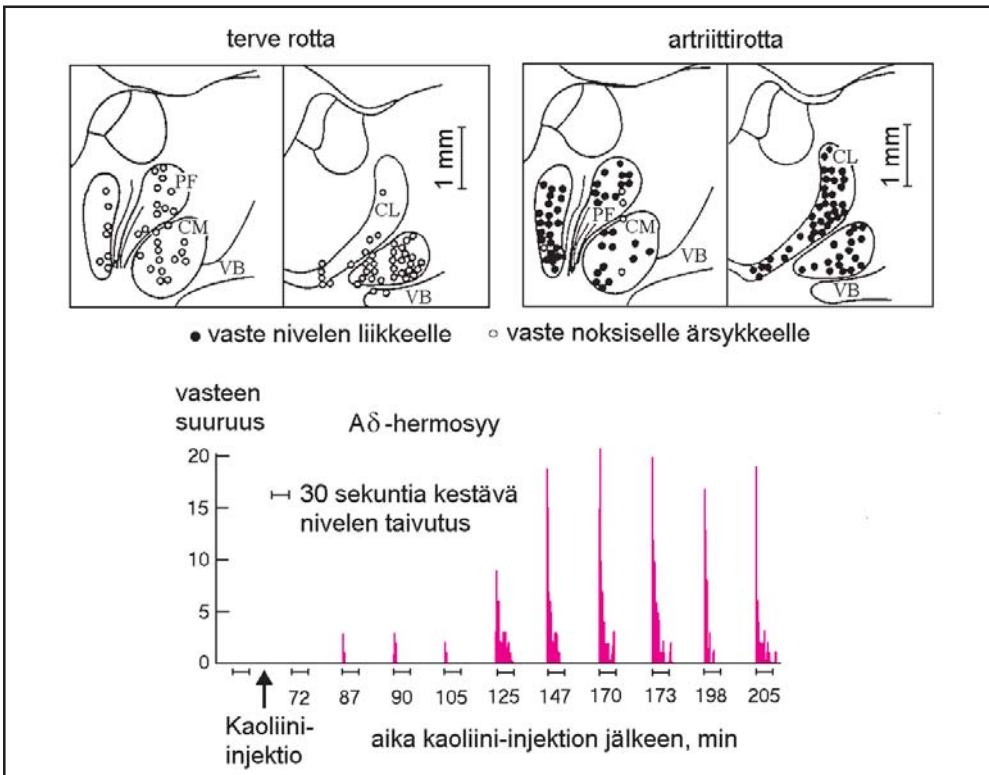
muutoksia. Kivun välitys- ja muuntelujärjestelmä on osoittautunut sangen plastiseksi. Signaali muokkautuu matkalla monin tavoin. Kipuärsyke voi aiheuttaa pitkäaikaispotentiaation ja mahdollisesti geneettistenkin mekanismien avulla pitkäaikaisia toiminnallisia



Kuva 3-7. Selkäydintason kipua välittävissä neuroneissa esiintyy ehdollistumistakin. Apina on koulutettu suorittamaan visuaalista ja kuumakiputehtävää mehupalkkion saadakseen. Apinan toisen asteen kipua välittävän neuronin vasteita tehtävän aikana seurataan mikroelektrodirekisteröinnin (yhtenäinen viiva histogrammeissa). Kuumakipuärsykkeelle solu antaa vasteen kuten olettaa saattoikin (ylempi histogrammi). Samantapaisessa visuaalisessa tehtävässäkin solu antoi yllättäen identtisen “kuumakipuvasteen”, vaikkei mitään fyysikaalista kipuärsykettä esitettykään (alempi histogrammi). Toisen asteen kipua välittävä solu siis oli ehdollistunut tehtävään ja aktivoi kipuradan ilman fyysikaalista kipuärsykettäkin. P = tehtävän alku, R = tehtävän loppu, Ti = kuumakipuärsyksen alku, Td = kuumakipuärsyksen loppu.

muutoksia, ja hermovaurioiden yhteydessä kipuratojen yhteydet saattavat muuttua. Muutokset kipua muuntelevissa järjestelmissä voivat vaikeuttaa kivun hoitoa, sillä kivun oireenmukainen hoito keskushermostoon vaikuttavilla lääkeaineilla tai monilla fysikaalisilla hoitomuodoilla perustuu pääosin kivun estojärjestelmien hyväksikäyttöön. Kaikki vaurioiden aiheuttamat muutokset kivun muuntelujärjestelmissä eivät kuitenkaan ole haitallisia, vaan osa muu-

toksista edistää eräiden aineiden kipua lieventävää tehoa. Patofysiologisissa tilanteissa kipujärjestelmä toimii merkittävästi eri tavoin kuin fysiologisissa oloissa. Uudet aivojen kuvantamismenetelmät sekä patofysiologisen kivun eläinmallien kehittäminen viime vuosien aikana ovat ratkaisevasti edistäneet kivun mekanismien ja hoidon tutkimista ja todennäköisesti tulevat merkittävästi edistämään patofysiologisen kivun hoitoa ja diagnostiikkaa.



Kuva 3-8. Esimerkki siitä, kuinka kokeellinen niveltulehdus hermistää niveltä hermottavan nosiseptisen hermosyyn (alakuva) ja aiheuttaa väliaivojen talamuksessa kipeän nivelen edustusalueen kasvun (yläkuvat). Alakuvassa osoitetaan, kuinka ennen kaoliinilla aikaansaadun kokeellisen niveltulehduksen syntyä nivelen taivutus ei aiheuta vastetta hermossa, mutta niveltulehduksen kehittyttyä nivelen taivutus aiheuttaa voimakkaan vasteen tässä nosiseptisessä ääreishermosyöissä. Yläkuvissa on kartoitettu mikroelektrodirekisteröinnillä mediaalitalamuksessa niiden solujen esiintyvyys, jotka antavat vasteen nivelen liikuttelulle (mustat pisteet). Terveessä rotassa (vasemmalla ylhäällä) ei ole löytynyt yhtään nivelen liikuttelusta aktivoituvaa solua, kun taas artriittirottassa (oikealla ylhäällä) on huomattavan laaja solupopulaatio aktivoitavissa kipeän nivelen liikuttelulle. Tämä artriittisen, kipeän nivelen keskushermostollisen edustusalueen huomattava laajeneminen lienee osaltaan selittämässä artriittiin liittyvää voimakasta kipua.

4. Opioidit eli euforisoivat analgeetit

Martti Attila

Opioideilla tarkoitetaan elimistön omia (endogeenisia) opioidipeptidejä sekä eksogeenisia aineita, jotka sitoutuvat opioidireseptoreihin. Aiemmin kaikkia eksogeenisia opioideja kutsuttiin yleisesti opiaateiksi. Nykyään **opiaateilla** tarkoitetaan opiumunikosta (*Papaver somniferum*) saatavia luonnonalkaloideja (lähinnä **morfiini** ja **kodeiini**) sekä niistä saatavia lukuisia puoli-synteettisiä johdoksia.

Kivun luonne ja erityyppiset kipulääkkeet

Elimistössä on runsaasti kipuun reagoivia hermopäätteitä. Ihossa niitä on erityisen taajassa, sisäelimissä harvemmassa. Kipuärsyke näihin hermoihin syntyy ko. kudoksen vaurioituessa mekaanisen, kuumen (tai kylmän) tai kemiallisen ärsytyksen johdosta. Kipua välittävät hermoradat on pääpiirteittäin esitetty kuvassa 4-1 ja niiden fysiologiaa selvitetään tarkemmin luvussa 3.

Kivun välittymistapahtumassa tieto muuntuu: keskushermostosta tuleva impulssi voi estää tai voimistaa kipuviestiä. Puhutaan ns. porttikontrollista (⇒ luku 3), jossa välittäjäaineina toimivat mm. endogeeniset opioidit, noradrenaliini α_2 -adrenergisen välityksen kautta sekä serotoniini (5-HT; kuvat 4-2 ja 4-3).

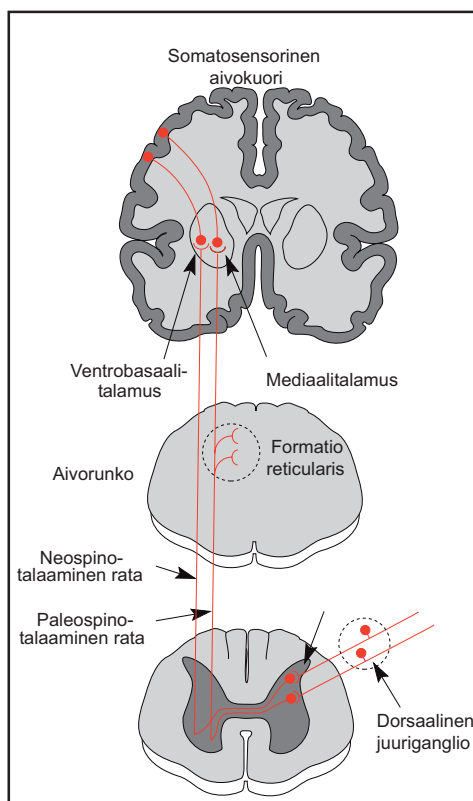
Eksogeenisillä opioideilla voidaan tehostaa endogeenisten opioidien vaikutusta lamata kipuärsykettä. Ne ovatkin tehokkaimpia kipulääkkeitä lievittämään esim. ns. tyyppää kipua.

Kipusignaalin välittyminen tajuntaan osallistuvalla keskushermoston alueella asti voidaan estää farmakologisesti kolmella tavalla:

- Estetään kipusignaalin muodostuminen nosiseptoreissa perifeerisesti vaikutta-

villa aineilla (lähinnä tulehduskipulääkkeet ⇒ luku 5). Glukokortikoideilla saadaan aikaan samantapainen vaikutus ainakin tulehduskivussa.

- Kipusignaalin eteneminen pysäytetään nousevissa kipuhermoissa (puudutteet ⇒ luku 10).



Kuva 4-1. Kivun anatomiaa. Kipusignaali etenee aivoihin polysynaptisia ratoja pitkin. Kipuimpulssit nousevat selkäyttimeen dorsaalijuuressa hitaita C-säikeitä ja nopeampia A δ -säikeitä pitkin. Ensimmäinen synapsi on selkäytimen dorsaalijuuren *substantia gelatinosassa*. Täällä ja muilla synapsialueilla endogeeniset ja eksogeeniset opioidit estävät kipuimpulssin etenemistä.

- Kipusignaalin eteneminen estetään sentraalisesti (opioidit).

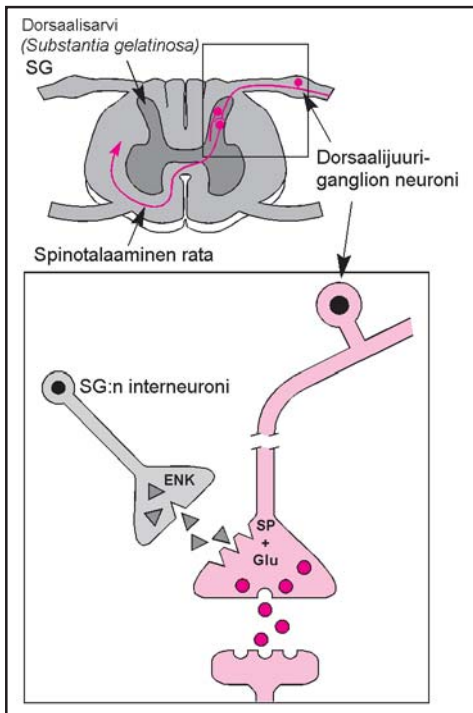
Kipusignaalin siirtyminen primaariselta sensoriselta kipuneuronilta jatkoradalle voidaan estää ruiskuttamalla selkäytimen dorsaalisarveen paikallisesti puudutteita, opioideja tai α_2 -agonisteja. Sama vaikutus saadaan aikaan ruiskuttamalla em. aineet epiduraalitalaan.

Varsinaiset kipulääkkeet jaetaan **opioideihin** (euforisoivat analgeetit) ja **tulehduskipulääkkeisiin** (antipyreettiset analgeetit). Lisäksi α_2 -agonisteilla ja glukokortikoideilla on kipua lievittävä vaikutus. Opioidit estävät kipusignaalin etenemistä kipuradoissa

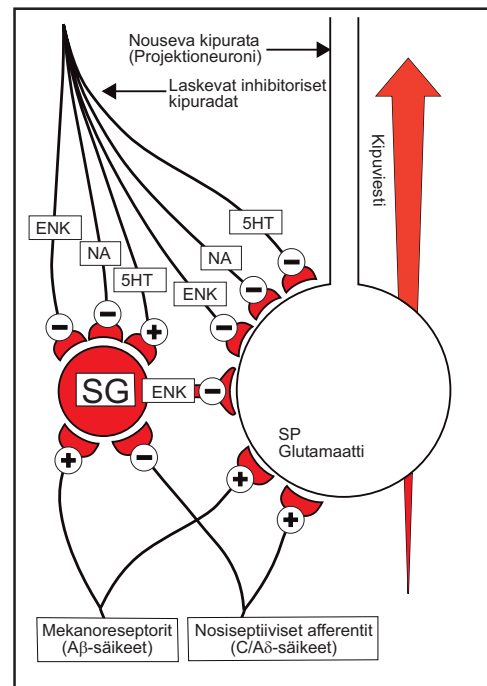
sentraalisesti vaikuttamalla opioidi reseptoreihin. Opioideja on totuttu käyttämään viskeraalisen kivun lievittämiseen. α_2 -Agonistit ovat osoittautuneet tehokkaiksi samaan tarkoitukseen.

Endogeeniset opioidit ja opioidi reseptorit

Endogeeniset opioidit. Elimistön omat opioidit jaetaan kolmeen ryhmään: **endorfiinit**, **enkefaliinit** ja **dynorfiinit**. Nämä kaikki pilkkoutuvat suuremmista propeptideistä (pro-opiomelanokortini eli POMC, proenkefaliini, prodynorfiini) ja niissä on NH_2 -päässä yhteinen aminohapposek-



Kuva 4-2. Enkefaliinien (ENK) välittämä presynaptinen inhibitio kipuradassa selkäytimen dorsaalisarvessa. **Substanssi P** (SP) välittää kipusignaalin primaariselta sensoriselta neuronilta nousevalle projektioneuronille. Välitystapahtumaan osallistuu muitakin välittäjäaineita, kuten **glutamaatti** (Glu). Enkefaliinit aiheuttavat presynaptisen inhibition, jolloin substanssi P:n ja glutamaatin vapautuminen ja kipuinformaation siirtyminen estyy.



Kuva 4-3. Selkäytimen dorsaalisarven “porttikontrolli”. Nosiseptiiviset C-syyt stimuloivat nousevaa kipurataa vapauttamalla substanssi P:tä (SP) ja glutamaattia (Glu), mutta inhiboivat substantia gelatinosaa (SG). SG:n interneuronit vapauttavat nousevaa kipurataa inhiboivia **enkefaliineja** (ENK). Myös laskevat inhibitoriset kipuradat estävät nousevaa kipurataa (ja SG:aa) useilla välittäjäaineilla, kuten **5-HT** (serotoniini), **noradrenaliini** (NA) sekä enkefaliinit.

Taulukko 4-1. Endogeenisten opioidien rakenteita. Yhteistä on kursivilla korostettu neljän aminohapon sekvenssi.

Nimi	Aminohappojärjestys
Leuenkefaliini	<i>Tyr-Gly-Gly-Phe</i> -Leu-OH
Metenkefaliini	<i>Tyr-Gly-Gly-Phe</i> -Met-OH
β -Endorfiini	<i>Tyr-Gly-Gly-Phe</i> -Met-Thr-Ser-Glu-Lys-Ser-Gln-Thr-Pro-Leu-Val-Thr-Leu-Phe-Lys-Asn-Ala-Ile-Val-Lys-Asn-Ala-His-Lys-Gly-Gln-OH
α -Neoendorfiini	<i>Tyr-Gly-Gly-Phe</i> -Leu-Arg-Lys-Tyr-Pro-Lys
Dynorfiini A	<i>Tyr-Gly-Gly-Phe</i> -Leu-Arg-Arg-Ile-Arg-Pro-Lys-Leu-Lys-Trp-Asp-Asn-Gln-OH

venssi, tyrosiini-glysiini-glysiini-fenyylialaniini (taulukko 4-1). Tällä rakenteella on ratkaiseva osuus opioidireseptorien tunnistamisessa. Esiasteista pilkkoutuu elimistössä eri paikoissa hyvinkin erilaisia peptidejä. Esimerkiksi POMC sisältää sekvenssit sekä β -endorfiiniin että **kortikotropiiniin** (ACTH, kuva 4-4) – molemmilla peptideillä on oma osuutensa elimistön mukautumisessa stressitilanteisiin. **Proenkefaliinista** pilkkoutuu kuusi metenkefaliinia ja yksi leuenkefaliini ja **prodynorfiinista** mm. dynorfiini A, dynorfiini B ja α -neoendorfiini.

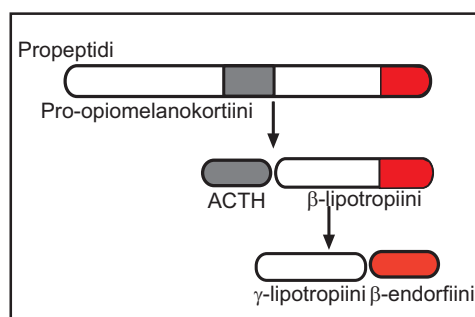
β -Endorfiinia on aivoissa vain rajatuilla alueilla (mm. *Nucleus arcuatus*) kun taas enkefaliineja ja dynorfiineja tavataan useimilla aivojen alueilla – usein rinnakkain. Metenkefaliini ja leuenkefaliini toimivat vain paikallisesti, koska peptidaasit (enkefalinaasi) hajottavat ne nopeasti verenkierrossa ja kudoksissa.

Opioidireseptoreita on erityisen runsaasti limbisen järjestelmän alueella, mikä liittyy endogeenisten opioidien vaikutuksiin mielen tilan säätelyssä. Opioidireseptoreista kivunvälitykseen osallistuvat pääasiassa μ -, mutta myös δ - ja κ -reseptorit. Endogeenisistä opioideista β -endorfiinilla ja enkefaliineilla on affiniteettia lähinnä μ - ja δ -opioidireseptoreihin. Kliinisessä käytössä olevat opioidit ovat lähinnä μ -agonisteja. δ -Agonistien puuttuminen saattaa toisaalta johtua siitä, että niistä selektiivisimmät

ovat peptidejä, joiden saattaminen hajomatta vaikutuspaikalleen on ongelmallista.

Enkefaliinit sitoutuvat voimakkaasti opioidireseptoreihin, ja niiden vaikutukset voidaan kumota naloksonilla.

Endogeeniset opioidit ovat yleisesti ottaen inhibitorisia välittäjäaineita, jotka estävät kipusignaalin siirtymistä hermoraudoissa. Emotionaalisen tilan yhteys kivun tuntuun ja kivun kokemiseen (kärsimys) selitetään johtuvan kortikaalisista ja spinaalitaamisista yhteyksistä kipuratoihin. Näissä näyttävät endorfiinit olevan keskeisinä välittäjäaineina.



Kuva 4-4. β -Endorfiini on polypeptidi, joka syntyy pilkkoutumalla samasta esihormonista (pro-opiomelanokortiiini) kuin ACTH. Tästä johtuu, että aivolisäkkeen etulohkosta vapautuu ACTH:n mukana β -endorfiinia, joka puolestaan kiertävänä hormonina nostaa elimistön kipukynnystä.

Opioidit

Opioidit eli euforisoivat analgeetit (vanhentuneena on hylätty synonyyminä käytetty ”narkoottiset analgeetit”) käsittävät luonnosta peräisin olevia, puolisynteettisiä ja synteettisiä yhdisteitä, jotka sitoutuvat opioidireseptoreihin. Näistä (varsinkin μ -reseptori-) agonisteilla on morfiinin tapainen kipua poistava vaikutus. Kasveista on eristetty alkaloideja, jotka sitoutuvat eläinten opioidireseptoreihin. Tyypillinen euforisoiva analgeetti on oopiumiunikon maitaisnesteessään tuottama **morfiini**. Kun endogeenisten opioidien rakenne saatiin selvitettyksi ja opioidireseptorin sitoutumiskohtaa voitiin analysoida, päästiin kehittämään yhä tehokkaampia, reseptoriin sopivia synteettisiä aineita. Tehokkailta aineilta vaaditaan hyvä affiniteetti lähinnä μ -reseptoreihin sekä hyvä lipidiliukoisuus, jotta imeytyminen ja siirtyminen keskushermostoon olisivat mahdollisia. Lisäksi aineen täytyy olla sellainen, ettei elimistö pysty eliminoimaan sitä nopeasti.

Morfiini oli aikaisemmin kivun lievitykseen ja sedaatioon eniten käytetty opioidi. Morfiinin tärkeimmät sivuvaikutukset ovat hengityksen lamaantuminen ja riippuvuuden kehittyminen. Näitä sivuvaikutuksia ei uusillakaan tehokkailla synteettisillä opioideilla juuri ole saatu vähennetyksi.

Lääkkeinä käytettävät opioidit vaikuttavat eri eläinlajeilla hyvinkin eri tavoin. Osa eroista selittyy opioidien erilaisella farmakokinetiikalla eri lajeilla. Joillakin opioideilla saadaan aikaan voimakas analgesia ja sedaatio, toiset aiheuttavat hävänolontunnetta ja riippuvuutta ja toiset taas pahoinvointia. Erilaiset vaikutukset voidaan selittää erilaisten reseptoryyppien olemassaololla. μ -Reseptoreilla on oleellinen osuus kivuntunnon muokkauksessa aivoissa. Hengityslama välittyy μ_2 -reseptorien välityksellä, kun taas μ_1 -välitteisiä ovat hävänolontunne (euforia) ja riippuvuus. Analgesiassa on myös κ - ja δ -reseptoreilla μ -reseptorien ohella tärkeä osuus. Pupillan pieneneminen (mi-

oosi) ja sedaatio välittynevät sekä κ - että δ -reseptoreiden kautta. κ -Reseptorivälitteisiä ovat myös pahanolontunne (dysforia) ja diureesi.

Opioidien vaikutukset

Terapeuttiset vaikutukset

Opioidien hyödyllisin terapeuttinen vaikutus on kivun lievitys (analgesia). Joissakin tapauksissa keskushermoston lamaantuminen (sedaatio) ja hyvän olon tunteen synnyttäminen (euforia) katsotaan myös edullisiksi terapeuttisiksi vaikutuksiksi. Näiden vaikutusten ohella opioideja käytetään yskänlääkkeissä lamaamaan yskänkeskusta (esim. **kodeiini**) sekä ripulilääkkeissä.

Hengitystiet

Opioidit lamaavat aivourungossa sijaitsevaa hengityskeskusta. Hengitystiheys harvenee. Aluksi hengityksen harveneminen pyrkii kompensoitumaan hengitystilavuuden kasvamisella. Myrkytystilaa lähestyttäessä hengitystilavuus pienenee. Hengityskeskus ei normaalista poiketen reagoi kohonneeseen hiilidioksidin osapaineeseen. Opioideja on käytettävä erittäin varoen emfyseemasta tai muusta hengitystiesairaudesta kärsivällä potilaalla, jolla kaasujen vaihto on huonontunut ja reservikapasiteetti käytössä. Hengenvaarallinen hengityslama voi kehittyä myös lapselle, joka on päässyt imeskelemään lemmikille tarkoitettua **fentanyyli**laastaria.

Verenkiertoelimistö

Opioideilla ei ole merkittäviä vaikutuksia sydämen lyöntinopeuteen eikä rytmiin. Ne laajentavat perifeeristä verisuonistoa aiheuttaen ortostaattista hypotoniaa. Vasodilataatio voi olla seurausta suorasta vasodilatoivasta mekanismista tai sentraalisen adrenergisen tonuksen laskusta. Tiloissa, joissa veritilavuus on alentunut, on syytä varoa opioidien hypotonista vaikutusta. **Fentiatsiinit** pahentavat hypotoniaa entisestään.

Ruoansulatuskanava

Endogeeniset opioidit ovat keskeisiä ruoansulatuskanavan liikkeitä (motiliteettia) ja rauhaseritystä vähentäviä välittäjäaineita. **Loperamidi** ja **difenoksyylaatti** ovat oraalisia ripulilääkkeitä, joilla keskushermostovaikutukset ovat hyvin vähäiset.

Silmä

Ihmisellä ja KOIRALLA opioidit aiheuttavat pupillan selvän pienenemisen (mioosin). Morfiinille herkillä eläinlajeilla (KISSA, HEVONEN) opioidit aiheuttavat päinvastoin pupillan laajenemisen (mydriasiin).

Eksitatoriset vaikutukset

Ylisuuret **morfiini**annokset aiheuttavat usein kouristuksia. Eräitä eläinlajeja (MÄREHTIJÄT, KISSAELÄIMET, SIKÄ, HEVONEN) morfiini sedaation sijasta stimuloi. Jos herkille eläinlajeille joutuu käyttämään morfiinia, on muistettava pitää annos tarpeeksi alhaisena. Kouristusten estämiseksi on morfiinilääkitys syytä yhdistää α_2 -agonisti- tai **bentsodiatsepiini**hoitoon. Stimulaatioherkkyys riippuu myös aineesta. **Metadoni** on HEVOSELLE tehokas sedatiivi ja analgeetti, joka aiheuttaa harvoin eksitatorisia oireita. Keskushermoston stimulaatiossa saattaa olla liika-annostuksen lisäksi kyse eri reseptoryyppien jakautumasta eri eläinlajeilla. Rauhoittumassa oleva tai rauhoittunut eläin on erityisen herkkä korkeille äänille. Esimerkiksi metallin kilistelystä syntyvä ääni saa aikaan stimulaation ja joskus jopa eksitaation.

Pahoinvointi ja oksentelu

Morfiini ja useat lähisukuiset opioidit aiheuttavat oksentelua ja pahoinvointia stimuloimalla CTZ:ää (chemoreceptor trigger zone). Tämä tunnistuskeskus ohjaa oksennuskeskuksen toimintaa. Välitys on dopaminerginen. Tämän vuoksi **dopamiiniantagonisteilla**, kuten fentiatsiineilla ja butyrofeneoneilla, saadaan estettyä pahoinvointisuus ja oksentelu. **Fentanyliä** sisältävissä yhdistelmävalmisteissa on **droperidoli** tai **fluanisoni** neuroleptisenä

dopamiiniantagonistina. Näillä yhdistelmillä saadaan tehokas neuroleptianalgesia aikaan ilman pahoinvointisuutta. Uusimmilla opioideilla oksennusvaikutus on pienempi.

Riippuvuus

Ihmisillä toistuva opioidien käyttö aiheuttaa riippuvuutta. Viime vuosina ryhmän aineiden käyttö huumeena on lisääntynyt voimakkaasti. Käyttäjä tulee aineista riippuvaiseksi. Vähitellen joudutaan käyttämään yhä suurempia annoksia toleranssin takia. Koska eläimet eivät itse pääse toistuvasti käsiksi tämän ryhmän lääkeaineisiin, ei väärinkäyttöongelmaa yleensä ole. On kuitenkin muistettava noudattaa tarkasti huumausainelainsäädännön asettamia varotoimenpiteitä, jotta opioidit eivät potilasta hoitavan ihmisen käsistä joutuisi väärinkäyttöön.

Vieroitusoireet

Pitempiaikaisen opioidien käytön äkkinäisen lopettaminen saa aikaan vieroitusoireita. Eläimellä on paha olla, mikä näkyy mm. vapinana, hikoiluna ja sydäntykytyksenä. Pahimmassa tapauksessa seuraa verenkierron kollapsi. Kun opioidien anto lopetetaan, lisääntyy sentraalinen noradrenerginen tonus. Vieroitusoireet muistuttavat noradrenergistä hyperaktiiviteettia. Sekä presynaptisten opioidireseptorien että presynaptisten α_2 -reseptorien stimuloiminen keskushermostossa laskee keskushermoston noradrenergistä tonusta. Siksi on eduksi, jos opioidianalgesia yhdistetään α_2 -agonistiin, joka suojaa potilasta mahdollisilta vieroitusoireilta.

Toleranssi

Krooninen opioidien käyttö vähentää kompensatorisesti reseptorien herkkyyttä opioideille (desensitisaatio eli epäherkistyminen tai down regulation eli reseptorien määrän väheneminen). Tämä puolestaan heikentää opioidien vaikutusta, jolloin toivotun vaikutuksen aikaansaamiseksi joudutaan suurentamaan annosta.

Imeytyminen ja metabolia

Morfiini imeytyy hyvin limakalvojen läpi, joten se imeytyy ruoansulatuskanavastakin. Kuitenkin suoliston epiteeli ja maksa metaboloivat osan ennen kuin oraalisesti annettu morfiini pääsee yleiseen verenkiertoon. Tämän takia morfiini annetaan yleensä s.c.-injektiona. Tärkein konjugaatin eliminaatiotapa on erittyminen virtsaan glukuronikonjugaatiolla.

Opioidien käyttö anestesiologiassa

Opioideja käytetään yleisesti analgesian ja sedaation aikaansaamiseksi joko ilman muuta anestesiaa tai yhdistettynä siihen. Niiden käyttö liittyy yleensä anestesian esilääkitykseen tai perioperatiivisen kivun lievittämiseen. Väitetään, että kivun lievittyminen on tehokkaampaa, jos opioidi annetaan ennen kipuärsykettä kuin ärsytyksen aikana.

Morfiinin ruiskuttaminen epiduraalilihaan poistaa tehokkaasti kroonista ja perioperatiivista kipua. Opioidilla aikaansaadun epiduraalianalgesian etuna verrattuna epiduraalipuudutukseen (**lidokaiini**) ovat verenkiertovaikutuksien (esim. ortostaattinen hypotensio) vähäisyys sekä takaraajojen motoriikan säilyminen. Eläin saattaa hättääntyä puudutteilla aiheutetussa epiduraalianalgesiassa, jos se ei hallitse raajojaan. Epiduraalianalgesiassa hengityslama jää selvästi pienemmäksi kuin annettaessa sama määrä opioideja yleishoitona.

Suurilla parenteraalisilla opioidiannoksilla voidaan yksinkin saada aikaan jopa kirurginen anestesia. Kuitenkin opioideja käytetään yleisimmin erilaisissa yhdistelmä-anestesoissa, jolloin yleensä molemmista lääkeaineista voidaan käyttää pienempää ja turvallisempaa annostasoa. Esim. opioidien yhdistämisellä α_2 -agonisteihin saavutetaan synergistinen vaikutus sekä analgesian että sedaation suhteen.

Yhdistämällä opioidi **neuroleptiin** saadaan aikaan anestesiaa muistuttava neuroleptianalgesia. Käytännön eläinlääkinnässä, jossa ei ole käytettävissä anestesiaalaitteis-

Taulukko 4-2. Opioidien suhteellinen analgeettinen teho KOIRALLA verrattuna morfiiniin.

Opioidi	Suhteellinen teho
Pentatsosiini	0,1
Petidiini	0,5
Morfiinisulfaatti	1
Metadoni	1
Butorfanoli	3
Buprenorfiini	25
Alfentaniili	30
Fentanyl	100
Sufentaniili	600
Lofentaniili	6000
Etorfiini	10000
Karfentaniili	10000

toja, voidaan neuroleptianalgesiaa käyttää vaikeissakin kirurgisissa toimenpiteissä. Ihmiselle neuroleptianalgesia aiheuttaa niin paljon hengityslamaa, että tarvitaan laitteisto tekohengityksen antamiseen, mutta eläimillä selviydytään usein ilman tekohengitystä. Neuroleptianalgesian etuna on, että opioidikomponentin vaikutus saadaan halutessa nopeasti pois käyttämällä reseptoriantagonistia (**naloksoni**).

Kliinisesti käytetyt opioidit

Harkittaessa sopivaa kipulääkettä eläimelle opioidien joukosta joudutaan tekemään ensin valinta puhtaiden agonistien ja osittaisten agonistien kesken. Ero ilmenee lähinnä saavutettavan maksimaalisen analgeettisen tehon suhteen: osittaisilla agonisteilla ei saavuteta samaa tehoa mutta etuna voidaan pitää vähäisempää toksisuutta, esim. hengityslama ei ole yhtä suuren vaarana kuin puhtailla agonisteilla.

Opioidiagonistien analgeettinen teho vaihtelee huomattavasti. Verrattaessa kipulääkkeiden suhteellista tehoa KOIRALLA havaitaan noin 10.000-kertainen ero tehokkaimpien (**etorfiini** ja **karfentaniili**) analgeettien ja standardin, **morfiinin**, välillä (taulukko 4-2). Tehokkaimpia aineita käytetäänkin villieläinten rauhoitukseen, kun tarvitaan potenti aine liukoisessa muodossa ammuttavaan nuoleen (⇒ luku 32).

Rakenne. Opioidiagonistien rakenteessa on havaittavissa tiettyä yhtäläisyyttä emoyhdisteen morfiinin kanssa. Riittävän opioidireseptorivaikutuksen edellytyksenä näyttää olevan ainakin yksi fenyylirakenne ja siitä sopivalla etäisyydellä oleva N-atomi, joka suoloissa on positiivisesti varautuneena (kuvat 4-5...4-7). Tämä ehto toteutuu parhaiten ns. fenantreenijohdoksilla, joista morfiinin lisäksi kipulääkkeinäkin on ollut käytössä lukuisia muita morfiinijohdoksia (esim. **kodeiini**, **heroiini**, **oksimorfon**, **okskodoni**). Näistä monet ovat jo korvautuneet kliinisessä käytössä synteettisillä, usein voimakkaammilla opioideilla. Synteettisistä opioideista paljon käytettyjä ovat olleet metadoniryhmän opioidit (**metadoni** ja **dekstropoksifeeni**) sekä petidiiniryhmän aineet (**petidiini**, **fentanyyli**, **alfentaniili**, **sufentaniili**, **karfentaniili**, **remifentaniili**). Synteettisten opioidiagonistien rakenne poikkeaa paljon morfiinin jäykästä fenantreenirakenteesta (kuva 4-5), mutta ilmeisesti opioidireseptorivaikutukselle tärkeät rakenteelliset ominaisuudet (mm. fenyyliringas ja N-atomi) ovat sopivassa asennossa reseptorisitoutumista varten, koska ne usein ovat monta kertaluokkaa morfiinia voimakkaampia analgeetteja (taulukko 4-2). Opioidiagonisteilla on tyypillisesti pieni N-atomin substituentti (usein $-CH_3$, esim. morfiini), mutta erityisesti petidiiniryhmän uudemmillä opioideilla vastaavassa kohdassa on isompi rengasrakenteinen substituentti.

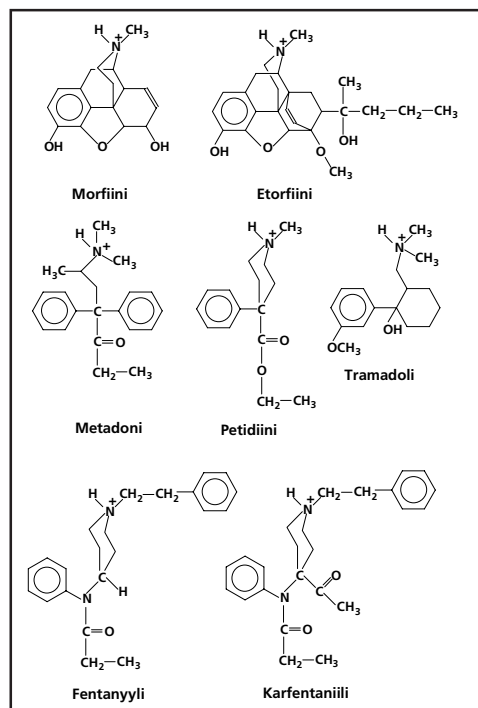
Osittaisten opioidiagonistien (kuva 4-6) ja opioidiantagonistien (kuva 4-7) rakenteissa on yhtäläisyyttä morfiinin rengasrakenteeseen enemmän kuin synteettisillä opioidiagonisteilla. Antagonistiominaisuudet liittynevät N-atomin substituenttiin, jossa agonisteista poiketen on joko allyyliryhmä, syklopropyyli- tai syklobutyyliryhmä.

Puhtaat opioidiagonistit

Morfiini (Depolan®, Dolcontin®, Morphin®, kuva 4-5). Morfiinin käyttöä eivät uudemmat opioidit ole vielä täysin syrjäyttäneet. KOIRALLE morfiinia käytetään edelleen anestesiasa tehokkaana analgeettina. Emeet-

tin vaikutus saattaa olla eduksikin, jos mahaa ei ole saatu paastolla tyhjäksi. KISSALLE morfiinia on käytetty perioperatiiviseen kivunlievitykseen vähän alhaisemmalla annostuksella kuin koiralle. HEVOSELLE morfiini voi aiheuttaa eksitaation varsinkin, jos sitä käytetään ilman sedatiivia. JYRSIJÖILLÄ morfiinia on paljon käytetty anestesian kivunlievitykseen. Haittana on vain buprenorfiinia selvästi lyhyempi vaikutusaika.

Metadoni (L-Polamivet® vet, kuva 4-5) on KOIRILLE ja HEVOSILLE sopiva analgeetti. L-Polamivet® vet -valmisteseen on yhdistetty parasympatolyytti, **fenpipramidi**. Metadoni on vaihtoehto morfiinille KOIRILLA ja KISSOILLA. Seisovalle HEVOSELLE saa pieniä kirurgisia toimenpiteitä varten hyvän analgesian aikaan antamalla metadonin ohella **asepromatsiinia**, α_2 -agonistia tai **diatsepaamia**. Metadoni voi aiheuttaa eksitaation NAUDALLA ja HEVOSELLA yksin käytettynä. Siksi se yhdistetäänkin sedatiivin, esim. α_2 -agonistiin. Turkistarhauksessa on ketuille käytetty metadonia yhdistettynä **medetomidiniin**.



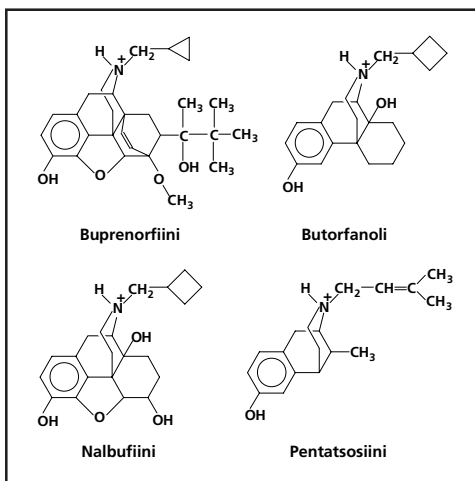
Kuva 4-5. Opioidiagonistien rakenteita.

Metadonin sukuinen **dekstropropoksi-feeni** (Abalgin®) on analgeettiselta teholtaan **kodeiinin** luokkaa. Tällä ihmisten itse-tuhokäytöstä kuuluisaksi tulleella aineella ei ole eläinlääkinnässä juuri käyttöä.

Tramadoli (Tramadin®, Tramadol®, Tramagetic®, Tramal®, Trambo®, kuva 4-5) on heikko μ -reseptoriagonisti, joka myös estää noradrenaliinin ja 5-HT:n soluunottoa. Tramadolia on ihmisillä käytetty esim. kroonisen kivun hoitoon ennen siirtymistä vahvempiin opioideihin.

Petidiini (Petidin® Ipex, engl. meperidiini, kuva 4-5) on synteettinen analgeetti, jolla on lisäksi atropiinin tapainen parasympatolyttinen vaikutus. Analgeettiselta teholtaan se on verrattavissa morfiiniin, mutta lajienvälinen vaihtelu sen metaboliinopeudessa on huomattava. Petidiini aiheuttaa HEVOSILLA eksitaatiota. Sitä on käytetty JYRSIJÖILLÄ ja eksoottisilla lajeilla kuten MATELJOILLA.

Fentanyyli (Actiq®, Durogesic®, Fentanyl®, kuva 4-5) on eläinanestesiassa hyvin suosittu aine. Useimmiten sitä käytetään yhdistelmävalmisteena, jossa neuroleptikomponenttina on dopamiiniantagonisti, kuten **droperidoli** (Innovar-Vet®, Thalamonal®) tai **fluanisoni** (Hypnorm®). Fentanyyli sopii hyvin KOIRILLE ja useimmille LABORATORIO-ELÄIMILLE. HEVOSILLE ei tule käyttää fentanyyliä

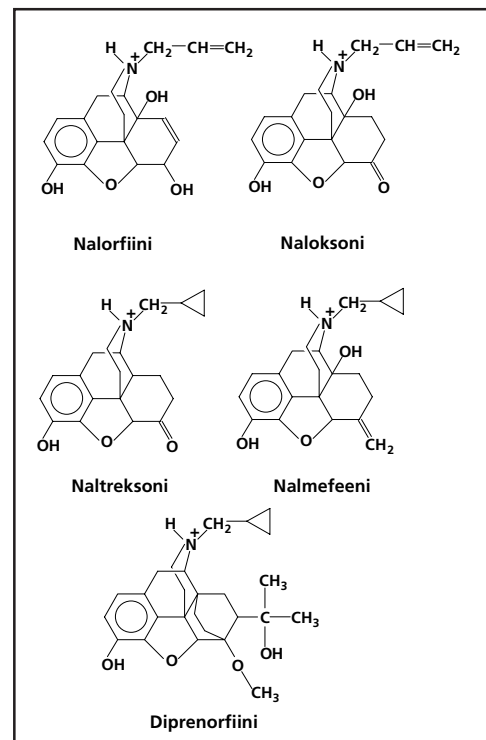


Kuva 4-6. Osittaisten opioidiagonistien rakenteita.

eikä fentanyyli-butyrofenoniyhdistelmiä, koska ne saavat siitä kummallisia käyttäytymisoireita. Fentanyylistä on viimeaikoina kehitetty runsaasti tehokkaita johdoksia (eläinlääkinnässä käytössä lähinnä karfentaniili) sekä iholle kiinnitettäviä laastareita (⇒ luku 20).

Etorfiinia (M99®; Large Animal Immobilon -valmisteessa yhdistettynä **asepromatsiiniin**; kuva 4-5) on käytetty suurten eläintarha- ja villieläinten taltuttamiseen, koska sen tehon takia voidaan käyttää niin pientä injektiotilavuutta, että se saadaan pakatuksi puhallusputkilla tai aseilla ammuttaisiin panoksiin (⇒ luku 32). Etorfiinin suuren tehon vuoksi (taulukko 4-2; 1 mg kaataa sarvikuonon ja 4 mg norsun) on immobilisoidun eläimen herättämiseen oltava **diprenorfiinia** valmiina. Se on myös hengenpelastava vasta-aine injektiovuolen osuessa tapaturmaisesti ihmiseen (⇒ karfentaniili).

Karfentaniili (Wildnil®, kuva 4-5) on lähes yksinomaan VILLIELÄINTEN rauhoittamiseen



Kuva 4-7. Opioidiagonistien ja tramadolin rakenteet.

käytetty tehokas opioidi. Varsinkin kiihtynyttä villieläintä rauhoitettaessa voidaan joutua annosta suurentamaan ja erityisesti silloin on tärkeää olla antagonistia (**diprenorfiinia**) heti saatavilla – ei pelkästään herättämistä varten vaan myös tarvittaessa hengenpelastamiseksi, jotta karfentaniilin hengitystä lamaava vaikutus ei voimakkuudessaan olisi fataali.

Osittaiset opioidiagonistit

Sekavaikutteisia opioideja (agonisti-antagonisti) kutsutaan myös osittaisiksi agonisteiksi. Niillä saavutetaan samantapainen analgesiavaikutus kuin puhtailla opioidiagonisteilla, mutta teho jää usein pienemmäksi. Vaikutus yleensä muuttuu annosta suurennettaessa antagonistiseksi. Tästä syystä erällä osittaisista agonisteista on pienempi todennäköisyys väärinkäyttöön kuin puhtailla agonisteilla. Erikoisen vaikutustapansa vuoksi niitä on myös helpompi käyttää narkomaanien vieroituksessa kuin puhtaita antagonisteita, jotka aiheuttavat helposti liian rajuja vieroitusoireita.

Osittaisilla opioidiagonisteilla voidaan antagonisoida puhtaitten agonistien vaikutuksia, mutta yksin käytettynä ne toimivat agonistien tavoin analgeetteina. Tärkein kliininen etu näillä aineilla on vähäisempi hengitystä lamaava vaikutus verrattaessa puhtaisiin agonisteihin. Tällaisia opioideja ovat mm. nalbufiini, pentatsosiini, butorfanoli ja buprenorfiini.

Nalbufiini (Nubain[®], kuva 4-6) toimii antagonistina μ -reseptoreissa (ei lamaa hengitystä) ja agonistina κ -reseptoreissa (osallistuvat kivun lievitykseen). Tämän takia nalbufiini sopii postoperaatiivisen hengityslaman ja kivun samanaikaiseen hoitoon.

Pentatsosiini (Talwin NX[®], tablettivalmiste sisältää myös naloksonia, kuva 4-6) on sekavaikutteinen nalbufiinin kaltainen opioidi. Sen kipua poistava teho on noin kolmannes morfiinin tehosta. Pentatsosiinia on aiemmin käytetty useille lajeille (mm. HEVONEN, KOIRA, JYRSIJÄT).

Butorfanoli (Torbugesic[®], kuva 4-6) vaikuttaa myös antagonistina μ -reseptoreissa

ja agonistina κ -reseptoreissa. Antagonistina se on teholtaan nalorfiinin kaltainen ja agonistina morfiinia n. 5 kertaa voimakkaampi. Butorfanoli on HEVOSELLE sopiva kipulääke perioperatiivisen kivun hillitsemiseen. Sitä käytetään myös KOIRILLA, KISSOILLA, SIOILLA, LINNUILLA ja VILLIELÄIMILLÄ. Yleensä butorfanolia käytetään sedatiivin kanssa. Esimerkiksi α_2 -agonistin kanssa sillä saadaan hyvä sedaatio HEVOSELLE.

Buprenorfiini (Temgesic[®], kuva 4-6) poikkeaa edellisistä lähinnä siinä, että se on heikko agonisti μ -reseptoreissa. Buprenorfiinilla on pitkä vaikutusaika ja suhteellisen vähäinen hengitystä lamaava vaikutus. Buprenorfiinia on käytetty opioidivieroitushoidossa ja sen väärinkäyttökin on mahdollista. Eläinlääkinnässä sitä käytetään analgeettina KOIRAN ja KISSAN lisäksi mm. JYRSIJÖILLÄ ja MATELJOILLA.

Opioidiantagonistit

Opioidireseptoreista voidaan agonistit syrjäyttää kompetitiivisesti käyttämällä opioidiantagonisteja. Opioidin suhteellisen pieni rakenteellinen muutos voi tehdä agonistista joko osittaisen tai täydellisen antagonistin. **Osittaisia opioidiagonisteja**, joilla on molemmat vaikutukset (agonisti-antagonistit, esim. **butorfanoli** ja **buprenorfiini**), voidaan periaatteessa käyttää sekä agonistina rauhoittamiseen, kivun lievittämiseen että antagonistina herättämiseen. Toivotun vaikutuksen saaminen vaatii tarkkaa annostelua ja kokonaistilanteen hallintaa. Turvallisin tapa sedatiivisten vaikutusten poistamiseksi on käyttää mahdollisimman spesifistä μ -reseptoriantagonistia, esim. naloksonia.

Nalorfiinia (Nalorfin[®], kuva 4-7) on eläinlääkinnässä perinteisesti käytetty opioidi- rauhoituksesta herättämiseen. Nalorfiini on antagonistagonisti, joka pienillä annoksilla virkistää, mutta suuremmilla annoksilla syventää rauhoitusta. Samalla nalorfiini jonkin verran lamaa hengitystä.

Naloksoni (Narcanti[®], kuva 4-7) on pienillä annoksilla jokseenkin puhdas opioidiantagonisti. Siksi se on syrjäyttänyt nalorfiinin ja agonisti-antagonistit kumottaessa

opioidien vaikutuksia (eläimillä indikaatio-
na lähinnä yliannostus, ihmisillä myös myr-
kytys tai vieroitus). Naloksonin annos on
vain n. 1/10 käytetystä **morfiinin** annokses-
ta. Naloksonia käytettäessä ei ole pelkoa
siitä, että heräämisen sijasta eläimen rau-
hoitus syvenee.

Naloksonia käytetään pinnallistamaan
liian syvä rauhoitus tai poistamaan rauhoi-
tus kokonaan, jolloin esim. koirapotilas
kykenee kävelemään itse leikkaussalista.
Naloksonia voi antaa nahan alle, lihakseen
tai laskimoon. Laskimoon annettulla na-
loksonilla opioidien (**morfiini, petidiini, me-
tadoni, fentanylli, sufentaniili, alfentaniili**)
vaikutus saadaan eläimillä kumottua minuut-
tissa.

Naloksonin vaikutus on lyhyt verrattuna
useisiin opioideihin. Tämä johtuu metabo-
lia- ja eliminaationopeuseroista. Varsinkin
pitkävaikutteisen agonistin vaikutus saat-
taa tulla naloksonin jälkeen hetken kulut-

tua uudelleen esiin. Naloksoniannos voi-
daan tällöin uusia. Vaadittava naloksonin
annos riippuu rauhoitukseen käytetyn opi-
oidin annoksesta. On muistettava, että
naloksoni poistaa myös analgesian. Eläin-
lääkäriin tulisi ajatella eläimen postoperatiiv-
ista kipua, joten opioidivaikutuksen nopea
poistaminen ei ole eläinsuojelullisista
syistä monessakaan tapauksessa asiallista.
Mikäli naloksonia käytetään, tulisi post-
operatiivisen kivun lievittämiseen käyttää
muun vaikutusmekanismin omaavaa kipu-
lääkettä.

Naloksonia pitkävaikutteisempi puhdas
opioidi antagonistista on **naltreksoni** (Revia[®],
kuva 4-7) ja molempia μ -selektiivisempi an-
tagonisti **nalmefeeni** (Revix[®], Cervene[®], kuva
4-7).

Diprenorfiini (Large Animal Revivon[®],
kuva 4-7) on spesifi opioidi antagonistista, jota
käytetään **etorfiinin** vaikutuksen poistami-
seen (\Rightarrow luku 32).

5. Tulehduskipuläkkeet

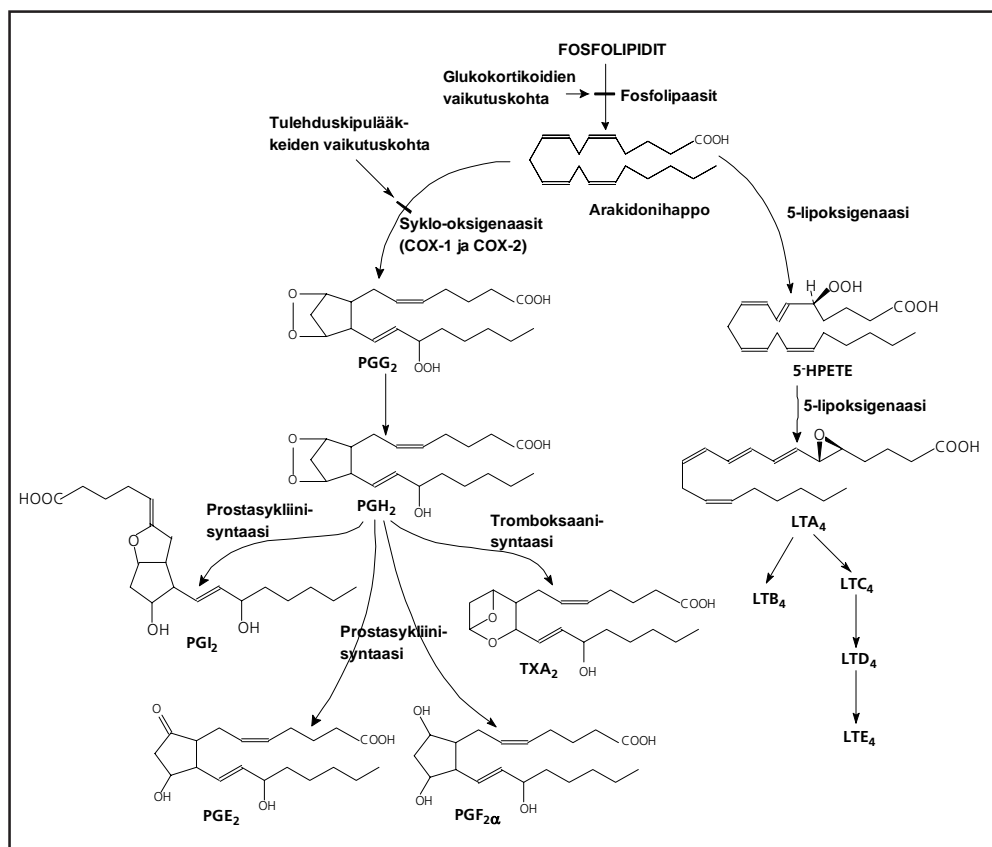
Hanna Salonen & Erja Kuusela

Tulehduslääkkeet voidaan jakaa steroidaalisiin ja ei-steroidaalisiin (non-steroidal anti-inflammatory drugs, **NSAIDs**) lääkkeisiin. Steroidaalisia tulehduskipuläkkeitä ovat glukokortikoidit, ei-steroidaaliset **tulehduskipuläkkeet** eli antipyreettiset analgeetit.

Arakidonihaposta muodostuu entsyymaattisten reaktioiden kautta prostanoideja ja leukotrienejä (kuva 5-1). Aluksi **Fosfolipaasi-A₂** vapauttaa solukalvon fosfolipideistä arakidonihappoa, josta syntyy

syklo-oksigenaasien vaikutuksesta lyhytikäisiä endoperoksiedeja (PGG_2 ja PGH_2) ja edelleen eri prostanoideja. **Prostanoideihin** kuuluvat tietyt **prostaglandiinit** (esim. PGE_2 , $PGF_{2\alpha}$, PGD_2), **tromboksaanit** (TX) ja **prostasykliinit** (esim. PGI_2). Prostanoidien metabolia on nopeaa ja niiden vaikutukset kohdistuvat yleensä lähelle syntypaikkaa. Lipoksigenaasien vaikutuksesta arakidonihaposta syntyy mm. leukotrienejä.

Tulehduskipuläkkeet eli antipyreettiset analgeetit alentavat kuumetta, poistavat



Kuva 5-1. Arakidonihapon entsyymaattinen hapettuminen prostanoideiksi (syklo-oksigenaasireitti) ja leukotrieneiksi (lipoksigenaasireitti). Glukokortikoidien ja tulehduskipuläkkeiden vaikutuskohdat on merkitty nuolilla.

kipua ja vähentävät jonkin verran tulehduksia. Niiden terapeuttiset vaikutukset johtuvat prostanoidisynteesin estosta. Prostanoidit ovat merkittävässä asemassa tulehdusreaktion synnissä. Ne ovat elimistön välittäjäaineita, jotka osallistuvat myös monien elinten fysiologisiin toimintoihin. Melkein kaikki elimistön solut syntetisoivat prostanoidia. Myös tulehduskipulääkkeiden haittavaikutukset liittyvät tästä syystä prostanoidisynteesin estoon.

Prostaglandiiniinien tuoton saa aikaan syklo-oksigenaasientsyymi (COX). Siitä tunnetaan kaksi isoentsyymiä, **rakenteellinen COX-1** ja **indusoituva COX-2**. COX-1 entsyymiä esiintyy jatkuvasti elimistössä pieniä määriä ja se on vastuussa pääosin fysiologisista toiminnoista. Tulehdusalueella syntetisoituu COX-2 entsyymiä, joka voimistaa tulehdusreaktiota. Ainakin munuaisissa ja ovulaation säätelyssä tiedetään esiintyvän myös fysiologisissa tilanteissa COX-2 entsyymiä. Tulehduskipulääkkeiden toivotut farmakologiset vaikutukset liittyvät lähinnä COX-2:n estoon, kun taas COX-1:n esto usein liittyy ei-toivottuihin haittavaikutuksiin.

Rakenne, farmakokinetiikka ja haittavaikutusriski vaihtelevat eri tulehduskipulääkkeillä. Terapeuttisilta vaikutuksiltaan ne ovat varsin samankaltaisia. Tulehduskipulääkkeet ovat heikkoliukoisia orgaanisia happoja. Ne sitoutuvat voimakkaasti plasman proteiineihin. Tämä edesauttaa kertymistä tulehdusalueille, mutta voi aiheuttaa yhteisvaikutuksia muiden proteiineihin sitoutuvien lääkeaineiden kanssa.

Prostanoidien tuotantovoimaa vaihtoehtoisesti estää steroidirakenteisilla **glukokortikoideilla**. Monista vaikutusmekanismeista johtuen glukokortikoidien anti-inflammatorinen vaikutus on antipyreettisiä analgeetteja parempi. Ne estävät miltei kaikkien tulehduksen välittäjäaineiden synteesiä tai vapautumista, mutta samalla myös elimistön välttämättömiä puolustusreaktioita tulehdusreaktioissa. Elimistön oman glukokortikoidisynteesin fysiologinen vaihtelu on suuri. Synteesiä stimuloivat esim. kuumuus, kylmyys, traumat ja infektiot. Glukokortikoidit

indusoivat fosfolipaasi-inhibiittorin (**lipokortini**) tuotantoa, mikä estää fosfolipaasi-A₂:n toimintaa. Ne myös estävät suoraan fosfolipaasi-A₂:n synteesiä. Tällöin prostanoidien ohella myös leukotrienien tuotanto loppuu. Glukokortikoidit estävät COX-2:n synteesiä. Ne vähentävät tulehdusallisten sytokiiniinien tuotantoa ja sytokiinireseptoreita.

Kuumetta alentava eli antipyreettinen vaikutus

Hypotalamuksessa sijaitsee elimistön lämmönsäätelykeskus, joka mittaa kehon sisäistä ja ihon pinnan lämpötilaa. Lämmönsäätelykeskuksen käskissä nostaa elimistön lämpötilaa kilpirauhanen ja lisämunuaisen ydin kiihdyttävät aivolisäkkeen vaikutuksesta hormonituotantoaan. Aineenvaihdunta kiihtyy ja siten lämmöntuotanto lisääntyy. Samalla kuumeen aiheuttama lihasvärinä lisää lihaksiston tuottamaa lämpöä. Lihasvärinä voi hetkellisesti lisätä aineenvaihdunnan 4–5-kertaiseksi. Toisaalta elimistö vähentää lämmönmenetystä minimoimalla ihon verenkiertoa. Ihon ja raajojen verisuonet supistuvat, lämmönmenetys iholta vähenee ja hikoilu loppuu.

Infektion, tulehduksen tai pyrogeenisten aineiden vaikutuksesta hypotalamuksen termostaatti toimii ikään kuin se olisi säädetty korkeampaan lämpötilaan. PGE₂ on keskeinen kuumeen välittäjäaine. Aktivoituneista fagosyyteistä vapautuu useita sytokiineja, jotka joutuvat verenkierron mukana hypotalamuksen reseptoreille (kuva 5-2). Siitä seuraa fosfolipaasi-A₂:n aktivoituminen ja arakidonihapon vapautuminen, joka taas johtaa PGE₂:n tuotantoon. Antipyreettisillä analgeeteilla voidaan estää tällainen endogeenisen PGE₂-pitoisuuden koostumisesta johtuva kuume.

Kipua lievittävä eli analgeettinen vaikutus

Vaurioituneeseen kudokseen vapautuu **prostanoidia**. Ne herkistävät kipuhormonipäätteitä muiden välittäjäaineiden (**serotoniini**, **bradykiniini**, **histamiini**) vaikutuk-

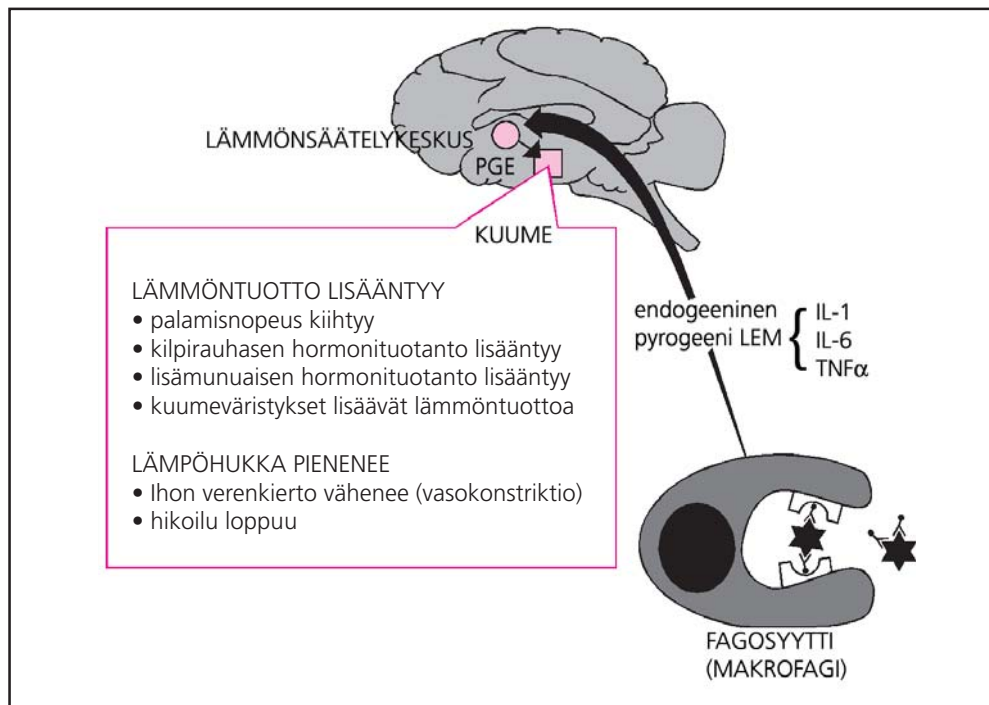
sille. Tämä kipuhermopäätteiden aktivoituminen aiheuttaa **hyperalgesiaa**. Tällöin kipua aistitaan tilanteessa, joka tavallisesti ei aiheuta kipua. Hyperalgesia häviää, jos estetään PGE₂:n muodostuminen. Tulehduskipulääkkeiden analgeettinen teho johtuu lähinnä perifeerisestä prostanoidisynteesin estosta ja osin keskushermostossa tapahtuvasta estosta. Muista NSAID:eista poiketen **parasetamolin** vaikutus perustuu prostanoidisynteesin estoon pääosin keskushermostossa. Tulehduskipulääkkeillä voidaan lievittää monentyyppistä kipua, erityisesti tulehdusreaktioon liittyvää kipua liikuntaelimissä. Tulehduskipulääkkeitä käytetään myös postoperatiivisen kivun lievittämiseen. Kivuliaammissa operaatioissa niitä käytetään yhdessä **opioidien** kanssa.

Vaikka glukokortikoideja ei yleensä lasketa tulehduskipulääkkeiksi, niillä saadaan myös aikaan tehokas tulehduskipua poistava vaikutus. Yhdessä NSAID:ien kanssa niitä ei yleensä pidä käyttää.

Tulehdusoireita poistava eli anti-inflammatorinen vaikutus

Tulehdusilmiossa keskeiset välittäjäaineet ovat lipidityyppisiä. Tulehdussoluista vapautuu fosfolipaasi-A₂:n aktivoituessa **aracidonihappoa**, josta hapetusreaktioiden kautta muodostuu **prostandoideja** ja **leukotrienejä**. Nämä mm. säätelevät paikallisten kapillaarien verenkiertoa ja endoteelisolujen supistumista sekä aiheuttavat ödeemanesteen valumista verisuonistosta tulehdusalueelle. Kun kipuhermojen päätteet (C-säikeet) ärsyntyvät, tulehduskipu lisääntyy.

Tulehduksen klassiset oireet (punoitus, turvotus, kuumotus, kipu) voidaan suurelta osin selittää lipidityyppisten välittäjäaineiden aikaansaamiksi. Tulehdusreaktioon osallistuvia aineita ovat lisäksi mm. **kiniini**, **histamiini** ja **serotoniini (5-HT)**. Yhteensä erityyppisiä välittäjäaineita on löydetty yli sata. Tulehduksen välittäjäaineet potentioivat toistensa vaikutuksia. Verisuonten laa-



Kuva 5-2. Kuumeen mekanismi infektioissa ja tulehduksissa.

jeneminen ja lisääntynyt verenvirtaus aiheuttavat punoitusta ja kuumotusta, permeabiliteetin lisääntyminen turvotusta ja kipuhermopäätteiden herkistyminen kipua. Lisäksi turvotuksen aiheuttama venytys ja paine aikaansaavat kipua. Tulehdusoireita voidaan lievittää rajoittamalla prostanoidien tuotantoa tulehdusalueella. Useimmat tulehduskipulääkkeet eivät vähennä leukotrieenien tuotantoa. **Glukokortikoideilla** saadaan sekä prostanoidien että leukotrieenien tuotanto pysäytettyä ja siten tehokkaampi anti-inflammatorinen vaikutus.

Haittavaikutuksia

Tulehduskipulääkkeet ovat lääkeaineryhmä, josta raportoidaan eniten haittavaikutuksia. Tosin tulehduskipulääkkeet ovat myös eniten käytettyjä lääkkeitä.

Tulehduskipulääkkeiden yliannos tai liian pitkä hoitajakso johtavat helposti haittavaikutuksiin. Lääkkeillä esiintyy haittavaikutuksia myös ohjeannoksilla annettuna. Kahden eri tulehduskipulääkkeen yhdistäminen johtaa haittavaikutusten nelinkeräistymiseen.

Tulehduskipulääkkeet ovat **paikallisesti ärsyttäviä**. Epiteeleille, kuten kohtuun, utareeseen, niveleen tai silmän limakalvolle, annettuna tulehduskipulääkkeet saavat aikaan kudostuhoa. Useimmat tulehduskipulääkkeet tuottavat kipua ja kudostuhoa lihaksen sisäisesti annettuna. Siksi ne joudutaan antamaan joko suun kautta tai hitaana injektiona suoneen. Vähemmän ärsyttävät aineet voi löysänahkaisille lajeille antaa nahan alle.

Tavallisimpiin haittavaikutuksiin kuuluu **ruoansulatuskanavan ärsytys**, joka näkyy oksenteluna ja ripulina. Verenvuoto ruoansulatuskanavaan on tavallista. Mahalaukun seinämään, suun limakalvolle ja kieleen voi ilmaantua eroosioita. Haavaumat voivat komplisoitua myös perforoitua.

Lääkeaineen riski ärsyttää ruoansulatuskanavaa liittyy luultavasti lähinnä aineen **COX2/COX1-selektiivisyyteen**. Mahdollisimman spesifisellä COX-2-inhibiittorilla on vä-

hemmän haittavaikutuksia. KOIRILLA eniten käytetyt **meloksikaami** ja **karprofeeni** ovat COX-2-spesifisiä ja vain vähän ruoansulatuskanavaa ärsyttäviä. Ruoansulatuskanavan ärsytystä voidaan jonkin verran estää antamalla tulehduskipulääke ruoan mukana sekä välttämällä suurta tablettikokoa. Pitkissä hoitokuureissa on annos syytä laskea potilaskohtaisesti mahdollisimman pieneksi siten, että annos on juuri ja juuri riittävä poistamaan kipuoireet.

Tulehduskipulääkkeet, varsinkin **asetyylisalisyylihappo**, lamaavat verihutaleita, joten **verenvuotojen riski** lisääntyy. Kirurgisten operaatioiden yhteydessä on suositeltavaa käyttää mahdollisimman COX-2-spesifisiä tulehduskipulääkkeitä, joiden verihutaleita lamaava vaikutus on minimaalinen. Tulehduskipulääkitys voi vaurioittaa myös maksaa, munuaisia ja luuydintä.

Tulehduskipulääkkeiden haittavaikutukset johtuvat fysiologisissa toiminnoissa tarvittavan prostanoidituotannon estymisestä, lähinnä COX-1-entsyymien estosta. PGE₂ ja PGI₂ ovat ruoansulatuskanavassa sytoprotektiivisia eli soluja suojaavia. Ne välittävät suojaavan liman muodostusta, lisäävät epiteelisolujen uusiutumista ja vähentävät mahahapon ja pepsiinin eritystä. Munuaisissa samat prostaglandiinit lisäävät verenkiertoa laajentamalla arterioleja. Tulehduskipulääkkeet heikentävät munuaisverenkiertoa, jolloin saattaa syntyä **papillanekroosi**.

Tulehduskipulääkkeitä käytetään **postoperatiivisen kivun lievittämiseen**. Leikkauksen aikana on huolehdittava riittävästä munuaisperfuusiosta. Jos potilaalla on matala verenpaine, on tulehduskipulääkityksen korvaamista esim. **opioideilla** harkittava. Preoperatiivisesti pitäisi käyttää vain COX-2-spesifisiä tulehduskipulääkkeitä (karprofeeni, meloksikaami), mikäli eläinlajille niitä voidaan käyttää. Ennen kudostuotannon syntyä annettu tulehduskipulääkitys voi vähentää postoperatiivisen kipulääkityksen tarvetta estämällä kipuhermoston yliherkkyyttä.

Ruoansulatuskanavan ärsytystä voidaan hoitaa H₂-salpaajilla (esim. ranitidiini, Es-ofex®, Inside® Brus, Ranicur®, Ranil®, Ranimex®, Ranitidin®, Ranixal®, Zantac®), prostaglandiiniainalogilla (misoprostoli, Cytotec®) tai suojaamalla mahan limakalvo sukralfaatilla (Alsucral®, Antepsin®). Samaan aikaan tulehduskipulääkkeen annosta on pienennettävä tai sen anto lopetettava kokonaan. Misoprostolia voidaan antaa myös vaurioiden ehkäisyyn tulehduskipulääkettä huonosti sietävälle potilaalle.

Koska PGF_{2α} on luteolyysiä säätelevä hormoni, saattaa seksuaalisykli häiriintyä tulehduskipulääkkeiden vaikutuksesta. Tulehduskipulääkkeiden käyttöä on syytä välttää ennen synnytystä, koska synnytys saattaa hidastua. PGF_{2α} on synnytystä käynnistävä hormoni. Prostaglandiineilla on myös oleellinen osuus syntyvän eläimen verenkierron uudelleen suuntaamisessa. Napasuonten tukkeutuminen ja keuhkoverenkierron avautuminen ovat prostaglandiinien välittämiä.

Munuaisissa COX-2-entsyymillä on fysiologisia tehtäviä, jotka poikkeavat COX-1-entsyymin tehtävistä. COX-2 on tärkeä nefronien kehittämisessä. Esim. KOIRAN munuainen ei ole täysin kehittynyt ennen kolmen viikon ikää. Siksi NSAID-lääkitys ennen tätä ikää tai emon lääkitys ennen pennun syntymää saattavat saada aikaan pysyvän munuaisvaurion.

Tulehduskipulääkkeiden farmakokinetiikka, metabolia ja toksiset vaikutukset vaihtelevat huomattavasti eläinlajeista toiseen, minkä takia lääkkeiden käyttökelpoisuutta tai annoksia ei saa suoraan soveltaa lajista toiseen. Monet aineet eivät sovi kaikille eläinlajeille. KISSA ja KOIRA ovat yleisesti ottaen herkempiä haittavaikutuksille kuin LEHMÄ tai HEVONEN, ja kissan kyky metaboloida useimpia tulehduskipulääkkeitä on heikompa kuin koiralla.

Akuutin myrkytyksen hoito

Akuutin tulehduskipulääkemyrkytyksen hoito aloitetaan tyhjentämällä mahalaukku joko oksennuttamalla tai vatsahuuhtelul-

la. **Aktiivihiiltä** (Carbo medicinalis®, Carbo-mix®) syötetään, jotta estetään suolistossa jäljellä olevan lääkeaineen imeytyminen. Suuret aktiivihiilmäärät akuuttien myrkytysten hoidossa tulisi antaa suspensio-muodossa. Aktiivihiilestä tehdään vesiliete, 2 g/10 ml vettä. Mahahuuhtelun jälkeen annetaan lietettä noin 10 ml/kg (aktiivihiiltä 2 g/kg). Aktiivihiilen anto on syytä toistaa 4–6 tunnin välein tulehduskipulääkkeiden enterohepaattisen resirkulaation vuoksi. Häiriintynyt happo-emästasapaino korjataan nestehoidolla, jota jatketaan 1–2 vuorokauden ajan munuaisvaurion ehkäisemiseksi. Nesteenpoistolääkkeiden anto ei edistä tulehduskipulääkkeen poistumista ja voi lisätä munuaisten verenkierron häiriintymistä. Happo-emästasapainoa on syytä seurata laboratoriotuloksilla, koska tulehduskipulääkkeet poistavat säätelyn ja heilahdus saattaa olla puoleen tai toiseen (asidoosi tai alkaloosi). Mikäli eläin on vakava-asteisessa asidoottisessa tilassa, voi infuusionesteenä antaa hitaasti isotonista **natriumbikarbonaattia** (1–4 mEq/kg i.v.), mutta tämä vaatii verikaasujen tarkan seurannan. Mahalaukun limakalvon suojausta jatketaan 5–7 päivän ajan ja kehittyneen haavauman hoitoa 4–6 viikon ajan. Munuaisarvoja ja virtsan ominaispainoa seurataan päivittäin ainakin kolmen ensimmäisen vuorokauden ajan.

”Kielletty tulehduskipulääkitys”

Jatkuvasti muuttuva lainsäädäntö rajoittaa kipulääkkeiden käyttöä varsinkin tuotantoeläimillä. Dopingsäännökset vaikuttavat käyttöön kilpailevilla HEVOSILLA. Suomen Hippoksella on dopingsäännöt ravureille. Suomen Ratsastajainliitto noudattaa kansainvälisen ratsastajainliiton FEI:n sääntöjä ja päätöksiä hevosten lääkityssääntöjen osalta kaikissa kilpailuissa. Tällä hetkellä käytössä on nollatoleranssi useiden lääkkeiden kanssa eli ehdottomia varoajoja ei voi antaa, koska lääkettä ei saa löytyä elimistöstä lainkaan. Suomen ratsastajainliiton kilpailusäännöissä on lista aineista,

joille on määritelty korkeimmat sallitut kynnyksarvot.

Lääkeaineita

Asetyyლისისყილიჰიჰი

Asetyyლისისყილიჰიჰი (Alka-Seltzer®, ASA®, Aspirin®, Disperin®, Primaspan®; kuva 5-3) estää syklo-oksigenaasin toiminnan irreversiibelisti. Tämä näkyy esim. pitkäaikaisena verihituleiden lamaanumisenä. Verihituleet eivät tumattomina kykene proteiinisynteesiin eivätkä näin ollen syntetisoi uutta syklo-oksigenaasia inaktivoituneen tilalle. Verihituleiden elinikä on noin kaksi viikkoa. Verenvuototaipumus lisääntyy ja vuoto kohdistuu useimmiten ruoansulatuskanavaan.

Asetyyლისისყილიჰიჰიჰიä käytetään suun kautta otettavina valmisteina poistamaan luuston, nivelten ja lihaksiston kipuja. Nivelkipujen poistajana asetyyლისისყილიჰიჰიჰი on jokseenkin hyvä, mutta ei uudempien lääkkeiden veroinen. Viskeraalikipuihin se ei tehoa.

Salisylaattimetaboliassa on huomattavaa eläinlajien välistä vaihtelua. Salisylaatin eliminaatiopuoliintumisaika on HEVOSELLA alle 1 tunti, NAUDALLA 3 tuntia, KOIRALLA 7,5 tuntia ja KISSALLA yli 40 tuntia. Vastasyntyneillä eläimillä ei maksan biotransformaatiojärjestelmä toimi tehokkaasti, joten asetyyლისისყილიჰიჰიჰin eliminaatio on hyvin hidasta.

KISSA on erittäin herkkä asetyyლისისყილიჰიჰიჰin yliannostukselle, koska se konjugoi vieraita fenolisia aineita erittäin hitaasti glukuronihapon kanssa. Kissan antipyreettinen hoitoannos on 6 mg/kg, ja se uusitaan tarvittaessa vain joka toinen tai kolmas

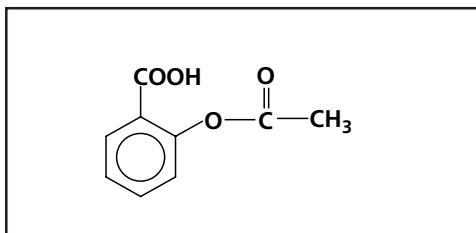
päivä. Analgeettinen annos on 10 mg/kg joka toinen päivä (antireumaattinen annos on 40 mg/kg joka kolmas päivä ja antitromboottinen 25 mg/kg kahdesti viikossa).

Kun halutaan kuumetta alentava vaikutus, on KOIRAN annos 10 mg/kg kahdesti vuorokaudessa, liikuntaelinkipuun tehoava 25–35 mg/kg kolmasti päivässä, muu analgesia 10–25 mg/kg kahdesti tai kolmasti päivässä ja antitromboottinen vaikutus 0,5 mg/kg kahdesti päivässä. Useille koirille asetyyლისისყილიჰიჰიჰi aiheuttaa mahaärsytystä. Tabletin jauhminen ja anto ruoan yhteydessä vähentää oksenteluriskiä. Asetyyლისისყილიჰიჰiä ei suositella pitempiaikaiseen lääkitykseen, koska jo liikuntaelinkipuun tehoava annos aiheuttaa mahalaukun limakalvon vaurioitumista.

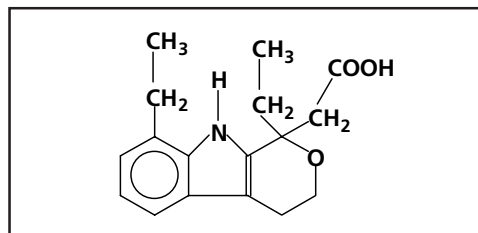
HEVOSEN annossuositus on 10–100 mg/kg joka 12 tunti. 500 kg:n LEHMÄLLE annetaan suun kautta n. 50 g asetyyლისისყილიჰიჰiä eli 100 mg/kg kahdesti vuorokaudessa. SIAN asetyyლისისყილიჰიჰiä annos on n. 10 mg/kg ja se tulee uusia joka kuudes tunti. Suurten annosten käyttäminen on tabletteina epäkäytännöllistä. Asetyyლისისყილიჰიჰiä saa myös jauheena suurelänkäyttöä varten.

Etodolaakki

Etodolaakki (Lodine®, kuva 5-4) on hyväksytty Yhdysvalloissa KOIRILLE osteoartriittiin liittyvän kivun ja tulehdusreaktion hoidossa, mutta se tehoaa myös muissa kiputiloissa. Haittavaikutukset näyttäisivät rajoittuvat ruoansulatuskanavaan. Niitä on raportoitu esiintyvän yhtä usein kuin **karprofeeniä** käytettäessä, mutta harvemmin kuin **asetyyლისისყილიჰიჰiä**.



Kuva 5-3. Asetyyლისისყილიჰიჰin rakenne.



Kuva 5-4. Etodolaakin rakenne.

ANNOS KOIRALLE ON $\leq 10\text{--}15$ mg/kg kerran vuorokaudessa.

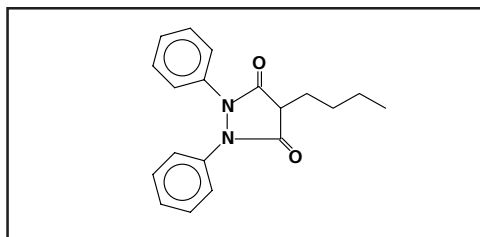
Fenyylibutatsoni

Fenyylibutatsonin (Equipalazone[®], Hippopalazon[®]; kuva 5-5) tyypillisiä käyttöalueita ovat ontumista aiheuttavat viat kuten tendosynoviitti, bursiitti ja laminiitti. Ihmislääkinnästä fenyylibutatsoni on poistunut luuydintoksisuuden takia. Hevosilla ei tämä toksisuus ole osoittautunut ongelmaksi. Haittavaikutuksina on raportoitu ruoansulatuskanavaoireita ja munuaisvaurioita. Fenyylibutatsonia sisältävät kipulääkkeet ovat poistuneet tuotantoeläinmarkkinoilta. Hevosille on tullut tilalle erityisluvallisia valmisteita.

HEVOSELLE fenyylibutatsonin aloitusannos on 4 mg/kg kahdesti päivässä, sitten 2 mg/kg kahdesti päivässä 2–4 vuorokauden ajan, sitten 2 mg/kg kerran vuorokaudessa tai joka toinen päivä. Pitkäaikaisessa hoidossa on järkevää etsiä mahdollisimman alhainen tehoava annostus.

Varsat ja ponit ovat herkkiä fenyylibutatsonille. Poneille annos on 4 mg/kg kerran vuorokaudessa 4 vuorokauden ajan ja sitten 2 mg/kg kerran vuorokaudessa.

Fenyylibutatsonin eliminaatiopuoliintumisaika on HEVOSELLE 3–10 tuntia riippuen annoksesta. Se metaboloituu hevosella etupäässä oksifenyylibutatsoniksi, jolla on yhtä tehokas anti-inflammatorinen ja analgeettinen vaikutus kuin fenyylibutatsonilla. Metaboliitin aktiivisuudesta ja syklo-oksigenaasin irreversiibelistä estosta johtuen fenyylibutatsonin vaikutusaika on huomattavasti pidempi kuin eliminaatiopuoliintumisajasta voisi päätellä.



Kuva 5-5. Fenyylibutatsonin rakenne.

MÄREHTIJÄT eivät juuri kykene hapettamaan fenyylibutatsonia, joten aineen eliminaatio on huomattavasti hitaampaa kuin hevosella. Fenyylibutatsonin eliminaatiopuoliintumisaika NAUDALLA on 2 vrk.

Fenyylibutatsoni on toksinen KISSOILLE, eikä sitä suositella myöskään KOIRILLE.

Fenyylibutatsoni indusoi vierasainemetaboliaa ja siten nopeuttaa omaa metaboliensa ja erittymistä. Tämä näkyy siinä, että pitkän hoitojakson aikana pitoisuudet plasmassa laskevat.

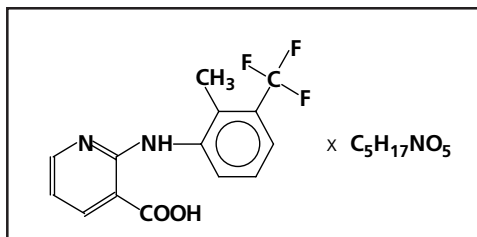
Fluniksiini

Fluniksiinimeglumiini (Finadyne[®] vet inj. ja rakeet, Flunixin[®] inj, Meflosyl[®] vet inj.; kuva 5-6) on erittäin tehokas tulehduskipulääke. Haittavaikutuksina on todettu mm. munuaisvaurioita ja vatsan limakalvohaavaumia.

Indikaatioina ovat aseptiset kiputilat HEVOSELLE, NAUDALLA ja SIALLA sekä MMA:n tukihoito sialla. Lisäksi fluniksiinia voidaan käyttää tukihoidona infektiosairauksissa, kuten kolimastiittissa ja endotoksemiassa. Se on tehokas ontumien hoidossa, mutta sillä ei pitäisi hoitaa kroonisia tuki- ja liikuntaelinten kiputiloja. Fluniksiinia voidaan käyttää lyhytaikaisesti silmätulehdusten hoidossa.

HEVOSELLE puoliintumisaika on n. 1,6 tuntia ja NAUDALLA kahdeksan tuntia.

HEVOSEN hoitoannos on 1,1 mg/kg/vrk i.v. tai p.o. enintään viiden vuorokauden ajan. Endotoksiinishokin hoidossa käytetään annosta 0,25 mg/kg 3–4 kertaa päivässä. Varsan annos 0,25–0,5 mg/kg kerran tai kahdesti vuorokaudessa. NAUDAN annos on n. 2,2 mg/kg/vrk i.v. tai i.m. enintään kolmen vuorokauden ajan. SIAN



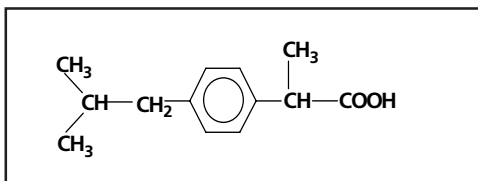
Kuva 5-6. Fluniksiinimeglumiinin rakenne.

annos on 2,2 mg/kg/vrk lihakseen 1–3 vuorokauden ajan.

Fluniksiinimeglumiinia ei saa antaa KOIRILLE tai KISSOILLE alhaisen turvallisuusmarginaalinsa vuoksi.

Ibuprofeeni

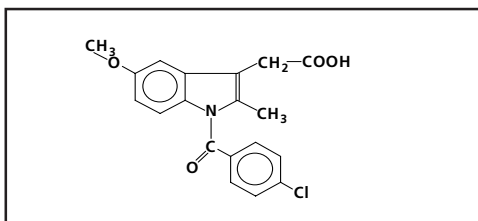
Ibuprofeeni (Brufen®, Burana®, Ibumax®, Ibumetin®, Ibuprofen®, Ibusal®, Ibuxin®; kuva 5-7) on propionihappojohdos. Ibuprofeenin käyttö KOIRILLA ja KISSOILLA ei ole suositeltavaa, koska ruoansulatuskanavaoireita (oksentelu, limakalvoeroosiot) ilmaantuu jo alemmilla annoksilla, joita tarvitaan terapeuttisen konsentraation saavuttamiseksi. KOIRILLA jo 8 mg/kg päivittäinen annos aiheuttaa mahalaukun limakalvovaurioita ja suuremmat annokset munuaisvaurioita. Ibuprofeeni on yleisin KOIRILLE lääkeinemyrkyksiä aiheuttava aine USA:ssa. Akuutti >50 mg/kg annos aiheuttaa koiralle mahahaavan, >175 mg/kg munuaisvaurion ja >400 mg/kg keskushermosto-oireita ja kooman.



Kuva 5-7. Ibuprofeenin rakenne.

Indometasiini

Indometasiinia (Confortid®, Indocid®, Indometin®, kuva 5-8) käytetään lääketieteessä lähinnä nivelkipujen poistamiseen. Sen käyttöä tulee varoa kotieläimillä. KOIRA saa helposti perforoivan maha- tai ohut-



Kuva 5-8. Indometasiinin rakenne.

suolihaavan. HEVOSELLA indometasiini aikaansaa keskushermosto-oireita.

Karprofeeni

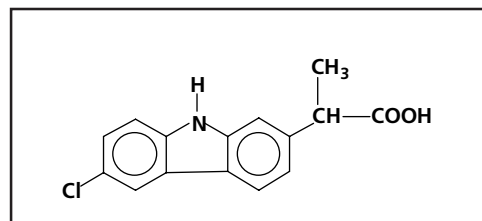
Karprofeeni (Rimadyl® injektio ja tabl.; kuva 5-9) on HEVOSELLE ja KOIRALLE sopiva tulehduskipulääke. Vaikutusmekanismi on osittain epäselvä, mutta viimeisimmät tutkimustulokset viittaisivat sen olevan jokseenkin COX-2-spesifinen tulehduskipulääke. Antitrombokaaniaktiivisuus on minimaalista.

KOIRILLA puoliintumisaika on 10 tuntia. Karprofeeni on yksi turvallisimmista koirilla käytetyistä tulehduskipulääkkeistä. Ruoansulatuskanavaoireita esiintyy ja hepatotoksisuutta on raportoitu. Joissakin tapauksissa maksanekroosi on johtanut kuolemaan.

Postoperatiivisessa kivunlievityksessä KOIRAN annos on ≤ 4 mg/kg i.v. tai s.c. ennen leikkausta annettuna, lääkitystä voidaan jatkaa tarvittaessa annoksella ≤ 4 mg/kg/vrk p.o. 5 vuorokautta. Liikuntaelinkivuissa voidaan karprofeeniä antaa ensimmäiset 1–6 vrk annoksella 4 mg/kg kerran päivässä tai jaettuna kahteen osaan, päivät 7–14 annetaan 2 mg/kg kahdesti päivässä, tämän jälkeen ylläpitoannos on 2 mg/kg kerran vuorokaudessa.

Puoliintumisaika KISSOILLA on n. 20 tuntia. Kissoille karprofeenin anto ei ole yhtä turvallista kuin koirille, siksi sitä suositellaan käytettäväksi vain lyhytaikaisesti (kertaannos). Se on tehokas postoperatiivisessa kivunlievityksessä annoksella ≤ 4 mg/kg s.c.

HEVOSEN annos on 0,7 mg/kg i.v., jota voidaan jatkaa tarvittaessa suun kautta samalla annoksella 4–9 vrk. Suureläinvalmisteita ei ole toistaiseksi saatavilla Suomessa, mutta karprofeeni on rekisteröity mm. Englannissa HEVOSILLE ja VASIKOILLE.



Kuva 5-9. Karprofeenin rakenne.

Karprofeeniä voidaan käyttää KANEILLE 4 mg/kg/vrk kolmen vuorokauden ajan, MAR-SULLE 4 mg/kg kertainjektiona, CHINCHILLALLE 4 mg/kg/vrk, ROTALLE 5 mg/kg/vrk sekä PAPUKAI-JOILLE 5–10 mg/kg kertainjektiona tai 2 mg/kg/vrk.

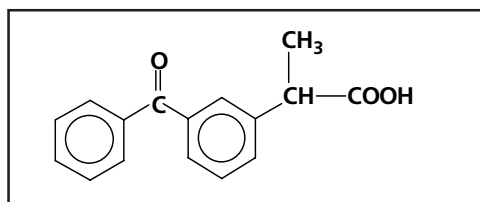
Ketoprofeeni

Ketoprofeeni (Comforion® vet, Dolovet® vet., Keto®, Ketomex®, Ketorin®, Orudis®, Romefen® vet, Zon®; kuva 5-10) on propionihappojohdos. Se inhiboi sekä COX-1-että COX-2-entsyymejä, jonka vuoksi haittavaikutuksia esiintyy enemmän kuin COX-2-selektiivisillä lääkkeillä. HEVOSILLA haittavaikutuksia ilmenee vähemmän kuin **fenylibutatsonilla** ja **fluniksiinilla**. KOIRA on kuitenkin suhteellisen herkkä saamaan ruoansulatuskanavaoireita.

Puoliintumisaika plasmassa on HEVOSILLA n. 1 tunti, NAUDALLA n. 2,5 tuntia ja SIALLA 2–3 tuntia. HEVOSILLA indikaatioina ovat tulehdusperäiset kivut, postoperatiivinen kipu ja turvotus sekä koliikin hoito, NAUDALLA liikuntaelinten, hengitysteiden ja utareen tulehdusperäisten tilojen hoito ja SIALLA hengitystiesairauksien ja MMA-oireyhtymän hoito.

Annostus HEVOSELLE on 2,2 mg/kg i.v., NAUDALLE ja SIALLE 3 mg/kg i.m. tai i.v. kerran vuorokaudessa korkeintaan 3 vuorokauden ajan. Naudalle p.o. annos on 4–4,5 mg/kg kerran päivässä 3–5 päivän ajan. Lisäksi HEVOSILLA voidaan käyttää endotoksemian hoidossa annosta 0,5 mg/kg 6 tunnin välein.

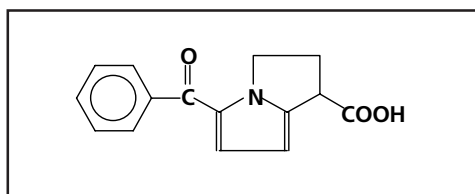
Ketoprofeenia käytetään KOIRALLE ja KISALLE tabletteina kivulioiden tulehdusten sekä kuumeen hoitoon annoksella 1 mg/kg korkeintaan 3–5 päivän ajan. Ketoprofeenia ei suositella annettavaksi ennen leikkausta, jotta mahdollista verenvuotoriskiä ei lisätä.



Kuva 5-10. Ketoprofeenin rakenne.

Ketorolaakki

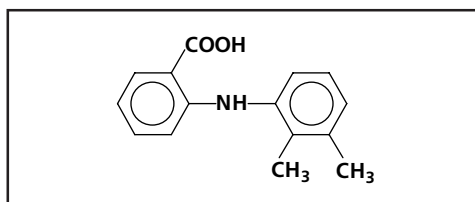
Ketorolaakki (Toradol®, injektio, kuva 5-11) on ihmisillä käytössä kohtalaisen ja vakava-asteisen kivun hoidossa ja se on tehokkuudessaan verrattavissa **morfiiniin** ja **oksimorfoniiin**. Se ei ole missään päin varsinaisesti rekisteröity eläinkäyttöön. Ketorolaakia on käytetty mm. Kanadassa postoperatiivisen ortopedisen kivun hoidossa ja sen on todettu olevan hyvä analgeetti KISSOILLA ja KOIRILLA. Ketorolaakia on käytetty menestyksellisesti vakavan panosteitin hoidossa KOIRILLA, joilla muu hoito ei ole tehonnut. Ruoansulatuskanavaoireiden vuoksi sitä ei saa käyttää yli 3 vuorokautta. Eläinlääkkeiksi hyväksytyjen tulehduskipulääkkeiden kehittymisen myötä käyttö Kanadassakin on jäänyt. Ketorolaakin kanssa on aina annettava **misoprostolia**.



Kuva 5-11. Ketorolaakin rakenne.

Mefenaamihappo

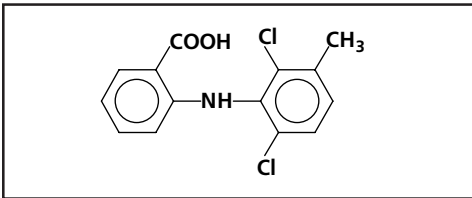
Mefenaamihappo (Ponstan forte®, kuva 5-12) kuuluu fenemaatteihin kuten **tolfenaamihappo** (Clotam®, Migea®). Kirjallisuudesta ei löydy annossuosituksia eläimille. Suomessa mefenaamihappoa on käytetty jonkin verran HEVOSILLA erilaisten ontumasairauksien hoidossa. Tutkimuksia lääkkeen sopivuudesta KOIRILLE tai HEVOSILLE ei mitään ilmeisimmin ole tehty.



Kuva 5-12. Mefenaamihapon rakenne.

Meklofenaamihappo

Meklofenaamihappo (kuva 5-13) on HEVOSILLE ja KOIRILLE käytetty kipulääke. Suomessa meklofenaamihappoa sisältäviä valmisteita ei ole saatavilla. Tietoa tehosta ja turvallisuudesta HEVOSILLA on rajoitetusti. Sille ilmenee vastaavasti toksisuutta kuin **fenylibutatsonille**. Meklofenaamihappo on hyväksytty KOIRILLE Yhdysvalloissa. Sillä ei ole selviä etuja muihin tulehduskipulääkkeisiin nähden. Ruoansulatuskanavaoireet ovat tavallisia.

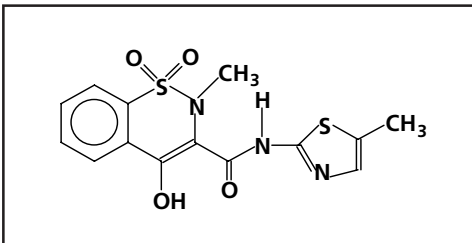


Kuva 5-13. Meklofenaamihapon rakenne.

Meloksikaami

Meloksikaami (Metacam®, KOIRALLE, KISSALLE ja NAUDALLE rekisteröity, Mobic®, kuva 5-14) on KOIRAN luusto- ja lihasperäisen sekä leikkauksen jälkeisen kivun hallintaan sopiva COX-2-spesifinen tulehduskipulääke. Meloksikaamilla on myös endotoksiinien vaikutuksia estävä vaikutus.

Haittavaikutuksina on raportoitu oksentelua ja ripulia kroonisessa käytössä. Maksa- ja munuaismuutoksia ei ole raportoitu ja antitrombokaaniaktiivisuus on minimaalista. Meloksikaami kuuluu oksikaamiryhmään. Meloksikaamin eliminaatiopuolintumisaika on KOIRALLA 24 h; virtsaan erittyä 75 % ja ulosteisiin 25 %. Lääke annetaan ruoan mukana.



Kuva 5-14. Meloksikaamin rakenne.

KOIRALLA aloitusannos on 0,2 mg/kg, jonka voi antaa injektiona. Ylläpitoannos on 0,1 mg/kg p.o. kerran vuorokaudessa. Annos on sama leikkauskivun ja kroonisen kivun hoidossa. Koska haittavaikutusriski on monia muita tulehduskipulääkkeitä pienempi, meloksikaami soveltuu myös kroonisen kivun hoitoon.

NAUDOILLA valmistetta käytetään vähentämään hengitystieinfektioiden ja vasikoilla ripulin kliinisiä oireita. Valmiste annetaan kertainjektiona annoksella 0,5mg/kg.

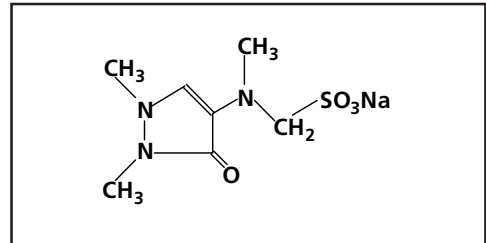
Injektiovalmiste on rekisteröity KISSALLE postoperatiivisen kivun hoitoon annoksella 0,3 mg/kg kertainjektiona.

Meloksikaamia voidaan käyttää KANEILLE 0,2 mg/kg/vrk kolmen vuorokauden ajan, ROTALLE 1,0 mg/kg/vrk, HIIRELLE 0,1 mg/kg kertainjektiona ja MARSULLE, CHINCHILLALLE, HAMSTERILLE, GERBILILLE, FRETILLE sekä PAPUKAIJOILLE 0,2 mg/kg kertainjektiona.

Metamitsoli

Metamitsoli eli **dipyroni** (Litalgin®, hum. valm., sisältää myös pitofenonia, Buscopan Compositum® vet, HEVOSILLE rek., sisältää spasmolyyttinä **hyoskiiniibutylibromidia** eli butyyliksopolamiinia; kuva 5-15) on fenylibutatsonin tapaan vaikuttava anti-pyreettinen analgeetti. Sillä on tavallisten tulehduskipulääkkeiden vaikutusten lisäksi spasmolyyttinen vaikutus ja se relaksoi sileää lihasta. Se ei kuitenkaan juurikaan tehoa somaattiseen kipuun.

Metamitsolia käytetään HEVOSTEN koliikkioireiden poistamiseen. Yhdistelmävalmistetta voidaan käyttää tarvittaessa myös peräsuolen rentouttamiseen ennen rektalisoitua sekä spasmiinien laukaisemiseen ruo-



Kuva 5-15. Metamitsolin rakenne.

katorven tukoksen yhteydessä. Hevosen annos on 25 mg/kg i.v., injektio voidaan toistaa kahtena tai kolmena peräkkäisenä päivänä. Varsan annos on 11 mg/kg.

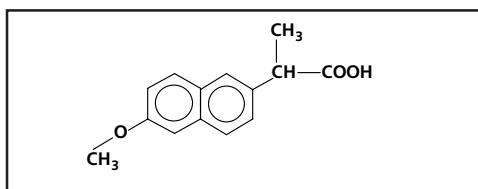
Pieneläimille rekisteröityjä valmisteita ei ole, mutta metamitsolia on käytetty pieneläimillä esimerkiksi virtsatiespasmien hoitoon. Postoperatiivisen kivun hoitoon se ei ole riittävän tehokas. Annos kirjallisuudessa KOIRILLE on 25 mg/kg 2–3 kertaa vuorokaudessa ja KISSOILLE 10–25 mg/kg 1–3 kertaa vuorokaudessa. Koska kyseessä on fenolijohdiste, sen käyttöä kissalle on syytä välttää puutteellisen metaboliakyvyn vuoksi. Lääke kirvelee voimakkaasti, joten se on syytä antaa hitaasti i.v.

Naprokseeni

Naprokseeni (Alpoxen[®], Miranax[®], Naprometin[®], Napromex[®], Naprosyn[®], Naxopren[®], Pronaxen[®], kuva 5-16) on tehokas nivelkipujen poistaja ihmisellä, ja se on osoittautunut tehokkaaksi HEVOSTEN ontumien lievittäjäksi. Se on propionihappojohdos kuten **ibuprofeeni** ja **ketoprofeeni**. Eläimille rekisteröityjä valmisteita ei ole.

HEVOSILLA suun kautta annosteltaessa noin puolet aineesta imeytyy ja puoliintumisaika on noin 4 tuntia. Peroraalinen annos on n. 10 mg/kg kahdesti vuorokaudessa korkeintaan 14 vrk:n ajan. Alkuannoksen voi antaa myös annoksella 5 mg/kg i.v., mutta Suomessa ei ole injektiovalmisteita markkinoilla.

KOIRA metaboloii naprokseenin erittäin hitaasti. Eliminaatiopuoliintumisaika on noin kolme vuorokautta. Mahaäräytysriski on suuri ja verenvuoto ruoansulatuskanavaan yleistä. Koirat voivat olla myös herkkiä munuais- ja maksahaittavaikutuksille. Naprokseenia ei suositella koirille eikä kissoille.



Kuva 5-16. Naprokseenin rakenne.

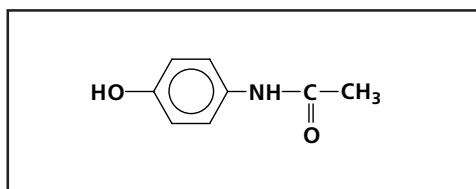
HEVOSILLA turvallisuusmarginaali on suhteellisen leveä.

Parasetamoli

Parasetamoli (Panadol[®], Paracetamol[®], Para-Tabs[®], Perfalgan[®], engl. **acetaminophen**, kuva 5-17) ei estä prostaglandiini-synteesiä perifeerisissä kudoksissa. Sen vaikutus on sentraalinen. Verrattuna muihin tulehduskipulääkkeisiin, parasetamolilla on suhteellisen heikko anti-inflammatorinen vaikutus, vaikka antipyreettinen ja analgeettinen teho ovat samoja kuin asetyylisalisylihapolla. Parasetamolien käyttö eläinlääkkeenä on vähäistä.

KISSOILLE ei saa käyttää lainkaan parasetamolia. Glukuronikonjugaation puuttuessa kissat eivät pysty metaboloimaan sitä ja jo 10 mg/kg kerta-annos aiheuttaa myrkytysoireet. KOIRILLA myrkytysoireet tulevat yli 100 mg/kg annoksilla. Kissat tulevat nopeasti syanoottisiksi methemoglobinemian seurauksena. Myöhemmin ne tulevat anemiseksi ja ikteeriseksi. Maksanekroosi on yleinen, etenkin koirilla, eivätkä kuolemaan-kaan johtavat myrkytykset ole harvinaisia. Koska parasetamoli on ihmisillä vähän haittavaikutuksia aiheuttava ja erityisesti lapsille suositeltu kipulääke, olettavat monet eläinten omistajat sen olevan turvallista myös eläimille.

Parasetamolimyrkytyksen hoitoon on olemassa antidootti, **N-asetyylikysteini** (Parvolex[®]). Sekä KOIRALLE että KISSALLE annetaan aloitusannoksena 140–150 mg/kg p.o. tai i.v., sitten 50–70 mg/kg 4–6 tunnin välein 3–17 hoitokertana (protokollat vaihtelevat hieman eri lähteissä). Antidootti tehoaa hyvin vain jos se annetaan 10 tunnin kuluessa myrkytyksestä. **Askorbiinihappoa** voidaan antaa 30 mg/kg i.v. kuuden tunnin



Kuva 5-17. Parasetamolien rakenne.

välein, mutta sen tehoa pidetään kyseenalaisena. Muuna hoitona on **aktiivihillen** anto ja nesteytys, tarvittaessa lisähapen anto ja verensiirto.

Piroksikaami

Piroksikaami (Felden[®], Piroxal[®], Piroxin[®], kuva 5-18) tehoaa KOIRAN luusto- ja lihasperäisiin kiputiloihin, mutta haittavaikutustensa vuoksi sen käyttö liikuntaelinkipujen hoidossa ei ole suositeltavaa. Se kuuluu oksikaameihin, kuten meloksikaami, muttei ole yhtä COX-2-spesifinen.

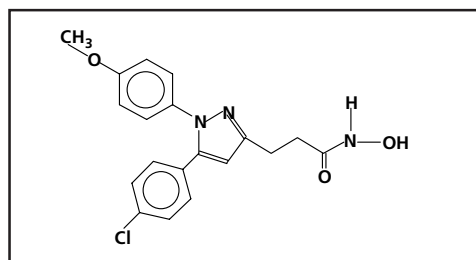
Eläimille rekisteröityä valmistetta ei ole. KOIRAN annos on 0,3 mg/kg joka toinen päivä. Ruoansulatuskanavaärsytyksen riski on suuri, joten lääke ei sovellu koiran pitkäaikaishoittoon. Piroksikaamin kanssa suositellaan **misoprostolin** (Cytotec[®]) käyttöä (0,2 mg tabl, 3–5 mg/kg 2–3 kertaa vuorokaudessa).

Merkittäväntä piroksikaamin käyttö on virtsateiden kasvainten tukihoidossa. Sen on todettu vähentävän rakon tai virtsaputken transitionaalisolukarsinooman aiheuttamaa virtsaamisvaikeutta ja verivirtsaisuutta. Piroksikaamista voi olla apua myös alempiin virtsateihin liittyvien kroonisten tulehdustilojen hoidossa. Transitionaalisolukarsinooman hoidossa annos on 0,3 mg/kg kerran päivässä.

Tepoksaliini

Tepoksaliini (Zubrin[®], kuva 5-19) on uudentyypinen kipulääke. Se inhiboi syklooksigenaasin lisäksi lipoksigenaasia (LOX), joka osallistuu leukotrienisynteesiin. Tepoksaliinia on tutkittu KOIRALLA osteoartriin ja muiden lihas- ja luustokipujen hoidossa, joissa valmistaja on saanut hyvän

tehon kivunlievityksessä. Selektiivisen prostaglandiinisynteesin eston vuoksi haittavaikutukset ruoansulatuskanavassa ovat mahdollisesti harvinaisempia kuin muilla tulehduskipulääkkeillä. KOIRALLE annos on 10 mg/kg kerran vuorokaudessa. Maksimikäyttöajaksi on rekisteröity neljä viikkoa. Käyttökokemukset ovat vielä vähäisiä.



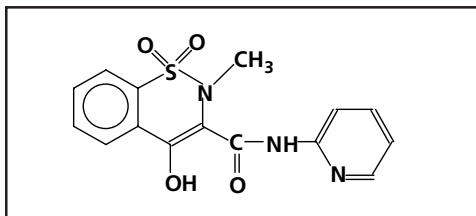
Kuva 5-19. Tepoksaliinin rakenne.

Tolfenaamihappo

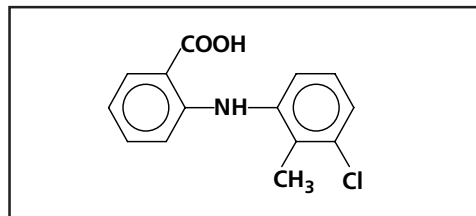
Tolfenaamihappo (Clotam[®], Migea[®], kuva 5-20) soveltuu akuutin ja kroonisen kivun hoitoon KOIRILLA sekä akuutin kivun hoitoon KISSOILLA. Se kuuluu fenemaatteihin, jotka estävät sekä COX-1- että COX-2-entsyymejä. Sillä on merkittävä antitromboksaanivaikutus. Verihiutaleita lamaavan vaikutuksen vuoksi sen käyttöä ei suositella preoperatiivisesti. Muina haittavaikutuksina todetaan lähinnä ruoansulatuskanavaoireita.

Eläimille rekisteröityjä valmisteita ei Suomessa ole, mutta tolfenaamihappo on hyväksytty koirille ja kissoille osassa Eurooppaa ja Kanadassa akuutin postoperatiivisen kivun ja kroonisen kivun hoidossa.

KOIRALLE ja KISSALLE käytetään annosta 4 mg /kg p.o. tai s.c. kerran vuorokaudessa



Kuva 5-18. Piroksikaamin rakenne.



Kuva 5-20. Tolfenaamihapon rakenne.

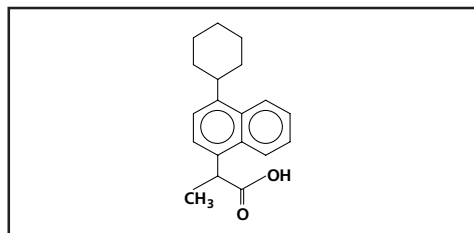
3–5 vuorokauden ajan. KOIRILLE voidaan käyttää kroonisemmankin kivun hoidossa. Tällöin 3–5 vrk:n hoitajakson jälkeen pidetään aina 2–4 vrk:n tauko eli annostus viikoittain 3–5 vrk:n jaksoissa.

Vedaprofeeni

Vedaprofeeni (Quadrisol[®], kuva 5-21) imeytyy nopeasti suun kautta annettuna. Hyötyosuus vähenee merkittävästi, jos lääkitys annetaan ruoan kanssa. Valmiste suositellaan annettavaksi ennen ruokkimista. Loppuvaiheen puoliintumisaika KOIRILLA on 10–13 tuntia, HEVOSILLA 6–8 tuntia. Vedaprofeenia käytetään lihas-, luusto- ja pehmytkuduskivun hoidossa, hevosilla lisäksi ennen kirurgisia toimenpiteitä. Vedaprofeenin käytön aikana voi esiintyä tyypillisiä tulehduskipulääkkeiden haitta-

vaikutuksia, lähinnä ruoansulatuskanava-
oireita.

KOIRILLA annos on 0,5 mg/kg kerran päivässä vähintään kolmen vuorokauden ajan. HEVOSILLA alkuannos 2 mg/kg, jonka jälkeen jatketaan ylläpitoannoksella 1 mg/kg 12 tunnin välein. HEVOSILLA hoitoa voidaan jatkaa enintään kaksi viikkoa, KOIRILLA pitkäaikaisempikin käyttö on mahdollista, jos haittavaikutuksia ei esiinny.



Kuva 5-21. Vedaprofeenin rakenne.

6. Inhalatioanesteetit

Per Rosenberg

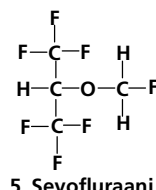
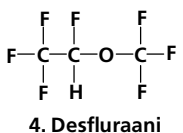
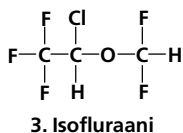
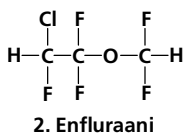
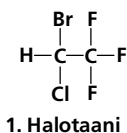
MAC

MAC ("Minimal Alveolar Concentration") on käsite, joka on kehitetty eri inhalatioanesteettien vaikutusten keskinäisen vertailun luotettavuuden lisäämiseksi, koska esim. sivuvaikutusten haitallisuuden arviointi edellyttää vertailua samankaltaisessa anestesiaasyvydessä. MAC tarkoittaa anesteetin sitä alveolipitoisuutta, joka tasapainotilan vallitessa estää leikkausviillon (tai koeolosuhteissa vastaavan ihoärsytyksen) aiheuttamat motoriset torjuntavasteet 50 %:ssa yksilöistä. Määritelmän mukaan tasapainotila katsotaan saavutetun, kun pitoisuus alveolikaasussa säilyy lähes vakioisena 15 minuutin ajan. MAC on siis tavallaan anesteetin ED₅₀ ja se näyttäisi olevan verrattain samankaltainen eri eläin-

lajeilla (taulukko 6-1). Sen sijaan esim. korkea ikä, hypoksia, anemia, hypotensio, hypertermia ja synergistisesti vaikuttavat lääkeaineet pienentävät MAC-arvoa, ts. herkistävät anestesia vaikutukselle. Toisaalta esim. alhainen ikä, kuume ja keskushermoston kiihotustila nostavat MAC-arvoa. Niinpä esim. rotan MAC on 10–15 % keskimääräistä korkeampi "pimeän" vaiheen aikana. Eri eläinlajeilla inhalatioanesteettien MAC-arvot ovat hyvin samankaltaisia kuin ihmisen MAC-arvot (taulukko 6-1). Yleisenä sääntönä voidaan pitää sitä, että eläinten MAC-arvot ovat 10–30 % korkeammat kuin ihmisellä (esim. halotaanin MAC_{ihminen} = 0,8 %, MAC_{koira} = 0,9 %, MAC_{kissa} = 1,2 %). Ilmiö voi johtua siitä, että outo anestesia ympäristö hajuär-

Taulukko 6-1. Inhalatioanesteettien molekyylikaavat ja eräitä ominaisuuksia.

Ominaisuus/Anesteetti	1	2	3	4	5
Molekyylipaino	197,4	184,5	184,5	168	200
Ominaispaino (20 °C)	1,86	1,52	1,50	1,48	1,52
Kiehumispiste (°C)	50,2	56,5	48,5	22,8	58,6
Höyrystymispaine 20 °C, (mmHg)	244	172	240	669	157
MAC _{ihminen} 100 % O ₂ :n kanssa (%)	0,75	1,68	1,15	6–7	2,1
MAC _{ihminen} 70 % N ₂ O:n kanssa (%)	0,29	0,57	0,50	<6	0,66
MAC _{hevonen} 100 % O ₂ :n kanssa (%)	0,8	-	1,3	7,6-8,1	2,3
MAC _{kani} 100 % O ₂ :n kanssa (%)	0,8-1,6	2,9	2,1	8,9	3,7
MAC _{kissa} 100 % O ₂ :n kanssa (%)	0,8-1,2	2,4	1,6	9,8	2,6
MAC _{koira} 100 % O ₂ :n kanssa (%)	0,9	2,1	1,3-1,4	7,2	2,1-2,4
MAC _{rotta} 100 % O ₂ :n kanssa (%)	0,8-1,3	2,2	1,2-1,5	5,7-7,1	2,5
Veri-kaasujakautumiskvotientti (37 °C)	2,3	1,9	1,4	0,42	0,65
Säilöntäaine	Tymoli	-	-	-	-
Pysyvyys 'soda lime' absorptioaineessa	Hajoaa	Pysyy	Pysyy	Pysyy	Hajoaa
Metabolia-aste (% otetusta annoksesta)	n. 20	n. 2,4	n. 0,2	<0,02	n. 2,5



sytyksineen kiihottaa ja edesauttaa valveilla- ja varuillaanoloa eläimillä.

Kaasut

Typpioksiduuli

Typpioksiduuli (ilokaasu, N₂O) on väritön ja melkein hajuton kaasu, joka ei räjähdä, mutta ylläpitää palamista. Se ei yksinään riitä aiheuttamaan kirurgista anestesiaa. Sitä käytetäänkin siksi lähes aina vahvistamaan muiden anesteettien vaikutusta. Tähän se soveltuukin hyvin, sillä sen vaikutus alkaa ja loppuu nopeasti ja sitä voidaan yleensä annostaa jatkuvasti maksimaalisena pitoisuutena, joka ei vielä aiheuta hypoksian vaaraa, ts. 70 %:na. Analgesiaan esim. synnytyksen yhteydessä typpioksiduuli sen sijaan soveltuu yksinäänkin.

Huolimatta vähäliukuisuudestaan (veri-kaasujakautumiskerroin 0,47) typpioksiduuli liikenee kuitenkin paljon paremmin kuin typpi (veri-kaasujakautumiskerroin 0,015). Tämän vuoksi se diffundoituu elimistön ilmapitoisiin umpionteloihin ja lisää niiden tilavuutta (jos ne ovat venyviä kuten suolisto ja *pneumothorax*) tai nostaa painetta (kuten välikorvassa). Myös intubaatioputken kalvosimen paine nousee ja sitä tuleekin vähentää typpioksiduulianestesian aikana. Kehossa olevan ilmataskun volyyymi kaksinkertaistuu 10 minuutissa ja kolminkertaistuu 30 minuutissa.

Krooninen altistuminen korkeille typpioksiduulipitoisuuksille (esim. väärinkäyttö) inaktivoi B₁₂-vitamiinia, mikä johtaa metioniinin puutteeseen ja aiheuttaa luuytimen vajaatoimintaa sekä keskushermostohäiriöitä. Lyhyintä toksisiin muutoksiin johtavaa altistusta ei ole kiistatta selvitetty, mutta vuorokauden ylittäviä "anesteettisia" (yli 50 %) pitoisuuksia on syytä varoa. Muutokset palautuvat yleensä noin kahdessa viikossa.

Typpioksiduulin vaikutukset elimistöön ovat kiisteltäviä. Kuitenkin muiden anesteettien tavoin typpioksiduuli lamaa sydämen supistuvuutta. Se saattaa myös huonontaa sydänlihaksen hapen saannin ja kulutuk-

sen välistä tasapainoa, minkä vuoksi sitä vältetään sepelvaltimokirurgiassa. Kokonaisuutena kuitenkin sen verenkiertoaikutukset ovat vähäiset.

Typpioksiduulilla on selvästi vähemmän analgeettista tehoa KOIRILLA ja KISSOILLA kuin ihmisillä. Ihmisen MAC-arvo typpioksiduulille on 101 % (interpoloitu), KOIRILLA se on 188 % ja KISSOILLA 255 %. Näin ollen sen kipuun ja anestesian syvyyteen vaikuttava teho pieneläimillä on pieni. Typpioksiduulin suurin etu on sen hyvin nopea diffundoituminen alveoleista vereen, jolloin se aiheuttaa "imun" alveoleihin ja näin siirtyä aktiivisesti uutta anesteettia (esim. **halotaania**) alveoleihin vaikka eläin ei hengittäisikään. Induktiovaihe siis nopeutuu. Sama tapahtuu päinvastaisessa järjestyksessä heräämisvaiheessa. Typpioksiduuli poistuu aluksi erittäin nopeasti verenkierrosta anestesian lopettamisen jälkeen. Alveoleihin purkauksessaan se alentaa hapen osapainetta siellä. Ilmiötä kutsutaan diffuusiohypoksemiaksi ja sen estämiseksi tulee potilaalle antaa happea muutaman minuutin ajan typpioksiduulin annostuksen lopettamisen jälkeen.

Pienenkin analgeettisen tehon aikaansaamiseksi typpioksiduulilla eläimillä tulisi sen osuus olla >50 %, mutta samalla tulisi muistaa, että typpioksiduuli syrjäyttää vastaavasti **hapen**, joten potilailla, joilla on hengityksen tai verenkierron ongelmia, ei tulisi korvata ylimäärähappea typpioksiduulilla. Käytettäessä 50–70 %:n typpioksiduulipitoisuuksia, muun anesteetin tarve pienenee jonkin verran, KISSALLA esim. **ketaamiinin** tarve pienenee n. 39 %, KOIRALLA **halotaanin** tarve n. 20–30 %.

Typpioksiduuli ei tietävästi metaboloitu elimistössä merkittävässä määrin.

Höyrystyvät nesteet

Dietyylieetteri eli eetteri

Eetteri (C₂H₅–O–C₂H₅; kemialliselta nimeltään **dietyylieetteri**) on räjähtävä, väritön, pistävänhajuinen, hengitysteitä voimakkaasti ärsyttävä neste, jonka kiehumispiste on 36,5 °C ja höyrystymispaine 20 °C:ssa

425 mmHg. Eetteri hapettuu peroksiedeiksi, joten avattua pulloa ei tule säilyttää useampia päiviä. Eetteri on säilytettävä pimeässä ja viileässä, mutta ei jääkaapissa, koska jäähdytyskoneiston kipinä on aiheuttanut räjähdyksiä. Eetteriä käytettäessä muidenkin sähkölaitteiden (esim. sähköveitsi) käyttö voi olla vaarallista. Tupakointi on ehdottomasti kielletty.

Voimakkaasti veriliukoisena (veri-kaasujakautumiskerroin 12) eetteri on erittäin hitaasti vaikuttava. Hitautensa vuoksi se on kuitenkin varsin turvallinen, koska suurenkin annosteluvirheen uhkaava komplikaatio ehditään paremmin torjua. Tämä selittää eetterin menestyksekkään käytön ennen ns. modernin anestesian alkua ja päivystystilanteissa vielä pitkään sen jälkeenkin, jopa 1970-luvun alkuun Suomessa. Vaikka eetteriä ei nykyään käytetäkään Suomessa muutoin kuin erityistapauksissa koe-eläinestesiassa, esitellään se tässä historiallisista syistä lyhyesti varsinkin, kun se poikkeusoloissa todennäköisesti jälleen saattaisi tulla käyttöön.

Eetteri stimuloi hengitystä pinnallisessa anestesiassa, ja hengitys alkaa lamaautua vasta verrattain syvässä anestesiassa. Samoin verenkiertolama on vähäisempi kuin moderneja halogenoituja anesteetteja käytettäessä, mikä johtuu sympaattisen tonuksen ja katekoliamiinien vapautumisen lisääntymisestä. Silti eetteri ei herkistä kammioperäisille rytmihäiriöille kuten halogenoidut anesteetit.

Eetteri laajentaa keuhkoputkistoa ja sillä on suora, perifeerinen lihasrelaksaatiovaikutus. Herääminen on hidasta varsinkin pitkän anestesian jälkeen, ja siihen liittyy usein runsaasti pahoinvointia, oksennusta ja närästystä, jotka osittain saattavat johtua metaboliatuotteena syntyvästä asetaldehydista. Kuten esitetystä ominaisuuksista voidaan todeta, eetterillä on lukuisia käytöturvallisuutta lisääviä ominaisuuksia, mutta räjähtävyytensä, hitautensa ja epämiellyttävyytensä vuoksi se on ”hyllytetty” modernissa anestesiakäytössä.

Halotaani

Halotaani (1-bromi-1-kloori-2,2,2-trifluorietaani, C_2HF_3BrCl , Halothane®) on syttymätön, kellertävä, imelänhajuinen, hengitysteitä ärsyttämätön neste (taulukko 6-1), joka liukenee kumiin ja syövyttää metalleja, nikkeliä ja titaania lukuun ottamatta.

Halotaani on melko nopea ja erittäin potentti anesteetti. Sitä voidaan siis käyttää yksin, mutta myös **typpioksiduulin** kanssa. Tällöin keskisyvä kirurginen anestesia saavutetaan 1–1,5 %:n pitoisuudella sisäänhengitysilmassa eli n. 0,7 %:n pitoisuudella alveoli-ilmassa. Anestesian nopeuttamiseksi annetaan alussa 2,5–3 %:n pitoisuutena (\Rightarrow MAC-arvot taulukossa 6-1).

Halotaani lamaa verenkiertoa varsin voimakkaasti niin, että esim. verenpaineen laskua voidaan käyttää anestesian syvyyden kriteerinä, jos häiriötekijöitä ei ole. Verenpaineen lasku johtuu lähes yksinomaan sydänlamasta, ts. isku- ja minuuttivälavuuden pienenemisestä vaikutuksen perifeeriseen vastukseen ollessa lähes olematon.

Lamaan liittyy yleensä huomattava bradykardia ja herkistyminen esim. **adrenaliinin** aiheuttamille kammioperäisille rytmihäiriöille. Adrenaliinia ei täten tulisi käyttää elvytystoimenpiteissä, jos anesteettina on käytetty halotaania, ellei potilasta ole ensin ventiloitu ilman halotaania ainakin 5 minuutin ajan (halotaania poistuu elimistöstä).

Halotaani laajentaa aivojen verisuonia ja kohottaa siten kallonsisäistä painetta. Sitä tuleekin siksi välttää tilanteissa, joissa kallonsisäinen paine on koholla tai sen pelätään kohoavan (aivokasvaimet, -verenvuodot, -traumat).

Kirurginen ärsytys estää sinänsä huomattavaa hengityslamaa varsin tehokkaasti pinnallisessa anestesiassa, mutta keskisyvässä ja syvässä anestesiassa hengityslama manifestoituu. Lamaan liittyvä kiihtynyt hengitystaajuus huonontaa edelleen kaasujen vaihtoa. Tekohengityksen käyttö onkin tämän vuoksi suotavaa syvää anestesiavaativissa toimenpiteissä.

Halotaanin sileää lihaksistoa lamaava vaikutus on voimakas mutta vaikutus poikkuovaiseen lihaksistoon vähäinen, joskin se potentoi **lihasrelaksanttien** vaikutusta. Halotaani soveltuu siis hyvin esim. astmaa potevan potilaan anesteetiksi. Vaikutus esim. suolen ja kohdun lihaksistoon sen sijaan on yleensä haitallinen.

Halotaani aiheuttaa toipumisvaiheessa melko usein pahoinvointia, oksentelua, päänsärkyä ja lihastärinää ("shivering"). Tärinä johtuu ainakin osaltaan lämmön-säätökyvyn nopeasta palautumisesta ja siihen liittyy voimakas ihoverisuonten vasokonstriktio, joka hellittää samanaikaisesti, kun elimistön "termostaatin" säätämä lämpötila on saavutettu. Tämä lämpötila on kirurgisen stressin ym. tekijöiden vaikutuksesta tavallisesti hieman preoperatiivista lämpötilaa korkeampi, joten lieväänkin anestesianaikaiseen lämpötilan laskuun saattaa liittyä varsin voimakas tärinä. Sioilla esiintyy perinnöllistä halotaaniherkkyyttä (ns. stressiherkät siat).

Melkein 20 % elimistöön joutuneesta halotaanista metaboloituu maksassa ja erittyy pääosin trifluoriasetaattina virtsan mukana. Lisäksi erittyy hyvin pieniä määriä epäorgaanista bromidia, kloridia ja fluorida. Välivaiheessa syntyy aktiivisia trifluorihydristeitä, joiden allergisoiva ja toksinen vaikutus on edelleen kiistanalainen.

Halotaani ei varsinaisesti ole maksamyrky. Sen käytön jälkeen ihmispotilaissa, etenkin toistettujen anestesioiden jälkeen, esiintyy kuitenkin ajoittain maksavaurioita. Nämä voivat olla vaikeita, jopa tappavia, mutta ne ovat erittäin harvinaisia. "Halotaanihepatiitin" täsmällistä syntymekanismia ei tunneta. Lähinnä on epäilty yliherkkyysoireita ja metabolian, etenkin hypoksisissa oloissa kehittyvän reduktiivisen (pelkistysreaktiot) metabolian, toksisia välituotteita tai moolempia. Lapsilla ja eläimillä vaurio on harvinaisempi. "Halotaanihepatiitin" riskin takia halotaani on ihmispraktiikassa viime vuosina joutunut selvästi **isofluraani** ja **sevofluraanin** syrjäyttämäksi. Halotaanin monia edullisia kliinisiä ominaisuuksia ajatellen se on edelleen hyvin käyttökelpoinen ja halpa inhalaatioanestesia-aine eläinanestesiassa.

Enfluraani

Enfluraani (2-kloori-1,1,2-trifluorietyyliidifluorimetyylieetteri, $C_2H_2ClF_5O$; Efrane®) on väritön, syttymätön ja hengitysteitä ärsyt-

tämätön neste (taulukko 6-1), joka elinvaikutuksiltaan ja kliinisiltä käyttöominaisuuksiltaan muistuttaa suuresti **halotaania**. Enfluraanin verenkiertoa lamaava vaikutus on karkeasti samaa luokkaa kuin halotaanilla, joskin alentunut äärisverenkierron vastus myötävaikuttaa verenpaineen laskuun enemmän kuin halotaanilla ja siihen liittyy selvä takykardia.

Hiilidioksidivastetutkimuksissa enfluraani näyttäisi lamaavan hengitystä hieman vähemmän kuin halotaani. Tulos ei ole sopusoinnussa kliinisten havaintojen kanssa, joiden mukaan spontaanihengitys säilyy ja käynnistyy teko hengityksen jälkeen huominkin kuin halotaanianestesiassa. Halotaani näyttäisi täten soveltuvan enfluraania paremmin spontaanihengityksen yhteydessä käytettäväksi. Enfluraanin vaikutus keuhkoputkistoon näyttäisi vastaavan halotaanin vaikutusta.

Enfluraanin erityispiirteitä ovat anestesian aikana EEG:ssä tavattavat epileptiformiset muutokset, jopa kouristukset, joita esiintyy hyperventilaation yhteydessä ja etenkin syvässä anestesiassa. Enfluraanin kliinisen käytön alkuaikoina nämä EEG-muutokset herättivät runsaasti keskustelua potentiaalisesti vaarallisina. Kokemuksen myötä pelko haihtui, ja nykyään monet eivät pidä enfluraania vasta-aiheisena edes epilepsiapotilailla. EEG-muutosten lopullinen merkitys on kuitenkin edelleen selvittämättä, joten useimmat pitävät enfluraania vasta-aiheisena, jos potilaalla on ollut kouristusalttiutta tai muita vastaavia keskushermoston sairauksia.

Vain 2–3 % elimistöön otetusta enfluraanista metaboloituu fluorideiksi, joista vain epäorgaaninen fluoriidi on pystytty varmuudella tunnistamaan. Metaboloituminen on niin vähäistä, että fluoridin pitoisuus normaalitilanteissa pysyy pitkienkin anestesioiden jälkeen munuaisia vaurioittavan rajan ($50 \mu M$) alapuolella. Kuitenkin, jos potilas on käyttänyt maksan mikrosomaalista metaboliaa kiihdyttävää lääkitystä tai jos munuaisen erityskyky on alentunut, saattaa munuaisvaurioita poikkeuksellisesti

esiintyä. Vaurion kliinisenä oireena on virtsan konsentroitumiskyvyn heikkeneminen kuten diabetes insipiduksessa. Pitkien enfluraanianestesioiden yhteydessä onkin huolehdittava riittävästä virtsan erityksestä.

Edellä mainittujen haittavaikutusriskien vuoksi enfluraanin käyttö ihmisanestesiassa on lähes kokonaan loppunut.

Isofluraani

Isofluraani (1-kloori-2,2,2-trifluorietyyli-difluorimetyylieetteri, $C_3H_2F_5ClO$; Forene[®], Isoba[®] vet, Isoflo[®] vet, Isofluran[®]) on kemialliselta rakenteeltaan **enfluraanin** isomeeri. Sekin on väritön ja syttymätön neste (taulukko 6-1), mutta sillä on epämiellyttävän pistävä haju.

Kliinisiltä käyttöominaisuuksiltaan isofluraanikin muistuttaa halotaania. Verenkierron lamautuminen on jonkin verran vähäisempää kuin halotaanilla, ja verenpaineen lasku johtuu sekä alentuneesta sydämen isku- ja minuuttitilavuudesta että alentuneesta ääreisverenkierron vastuksesta. Viimeksi mainittu vaikutus onkin isofluraanilla selvästi voimakkein. Myös isofluraani aiheuttaa takykardiaa, joka korostuu pitkissä anestesoissa. Isofluraani laajentaa koronaarisuonia, nimenomaan pieniä sepelisuonia. Vaikutus saattaa esim. sepelvaltimoahtaumataudissa johtaa ns. steal-oireyhtymään, jolloin virtaus ohjautuu vähemmän vastuksen takia laajenemiskyysiin suoniin ja heikkenee edelleen ahtaisasuonissa. Kevyt isofluraanianestesia (<0,5 MAC) näyttää kuitenkin olevan hyvin siedetty näissäkin tilanteissa.

Isofluraani alentaa sekä hengitysfrekvenssiä että hengityksen kertatilavuutta. Kokonaisuutena isofluraanin aiheuttama hengityslama vastannee halotaanin aiheuttamaa lamaa.

Isofluraanin kallonsisäistä painetta kohottavan vaikutuksen väitetään olevan vähäisempi kuin halotaanilla ja enfluraanilla. Siten se soveltuu ehkä parhaiten tilanteisiin, joissa kallonsisäinen paine on koholla tai sen kohoamista pelätään.

Isofluraani on melko stabiili elimistöön joutuessaan ja siitä metaboloituu vain n. 0,2 %. Isomeeriaan enfluraania vähäisempi metabolia johtuu siitä, että eetterisidoksen etyylipuolen päässä on stabiiloiva trifluorikarboniryhmä. Vähäisestä metaboliasta johtuen isofluraanin käyttöön ei näyttäisi liittyvän kudosvaurioriskejä.

Desfluraani

Desfluraani (1-fluori-2,2,2-trifluorietyyli-difluorimetyylieetteri; Suprane[®]) on uusi Suomessakin jo 1994 rekisteröity fluoripitoinen höyrystettävä inhalaatioanestesia-aine. Desfluraanimolekyylillä eroaa isofluraanimolekyylillä ainoastaan siten, että etyyliryhmässä on kloorin asemesta fluori 1a-asemassa. Molekyylillä on pysyvä, ja sen veri-kaasujakautumiskerto on 0,42, eli pienempi kuin **typpioksiduulin**. Sen MAC-arvo leikkauspotilailla 100-prosenttisen **hapen** kera on noin 6–7 %. Typpioksiduulin kanssa annettuna desfluraanin MAC-arvo on huomattavasti alhaisempi, joskin vaihtelu eri-ikäisten potilaiden ja eri tutkimustulosten välillä on suuri. Anestesiainduktio ja herääminen ovat nopeampia kuin isofluraania annettaessa. Verenkiertovaikutukset muistuttavat isofluraanin vaikutuksia, joskin desfluraanianestesiaa syvennettäessä (2,5 MAC) sydämen minuuttivirtaus alkaa suurentua. Myös syke saattaa kiihtyä desfluraanianestesoissa, varsinkin jos höyrystimestä lisätään annostelua runsaasti kerralla (kuten isofluraanianestesoissa).

Desfluraani metaboloituu jopa vähemmän kuin isofluraani. Arviolta n. 0,02 % kehoon otetusta anestesia-aineesta tavaan fluoripitoisina orgaanisina metaboliatuotteina virtsasta. Päämetaboliitti on trifluoretikkahappo eli sama kuin halotaanilla ja isofluraanilla. Trifluoretikkahappo ei ole toksinen. Desfluraani ei reagoi "sodalime"-absorptiokalkin kanssa. Täten tulevaisuudessa desfluraanilla voi olla käyttöä niin lyhyissä kuin pitkissäkin anestesoissa. Tämän inhalaatioanesteeitin annostelussa ei voida soveltaa tavanomaista höyrystin-

periaatetta. Koska desfluraanin höyrystymispaine huoneenlämpötilassa on noin 1 Atm, tarkkaa annostelua varten tarvitaan sähköisesti termostoitua ja hyvin lämpöeristetty höyrystin (käytön aikana sen sisälämpötila on 39 °C).

Sevofluraani

Sevofluraani (fluorimetyyli 1,1,1,3,3,3- heksafluori-2-propyylietteri; SevoFlo®, Sevorange®) on uusin fluoripitoinen inhalatioanestesia-aine, joka on tullut kliiniseen käyttöön Suomessa v. 1995. Se on syttymätön, höyrystyvä neste, jonka veri-kaasujakautumisvakio on 0,7. Sen MAC-arvo **hapan** kanssa annettuna hyväkuntoisille leikkauspotilaille on 1,7 % ja 64-prosenttisen **typpioksiduulin** kanssa 0,66 %.

Sevofluraani eroaa **halotaanista**, **enfluraanista** ja **isofluraanista** nopean induktiovaikutuksensa vuoksi. Myös herääminen anestesiasta on nopeampaa kuin halotania, enfluraania tai isofluraania käytettäessä. Sevofluraanin vaikutus verenkiertoon

on hyvin samankaltainen kuin isofluraaninkin. Se myös lamaa hengitystä isofluraanin tapaan, mutta se soveltuu isofluraania paremmin naamarianestesiaan miellyttävämman hajunsa puolesta. Sevofluraani metaboloituu suurin piirtein yhtä paljon kuin enfluraani ja selvästi runsaammin kuin isofluraani. Ihmistutkimuksissa on anestesian yhteydessä mitattu noin 20 µM:n **fluoridipitoisuuksia** seerumissa. Heksafluori-isopropanolia on todettu erittyvän virtsaan, mutta sen mahdollista myrkyllisyyttä ei tunneta. Sevofluraani reagoi "soda-lime"-absorptiokalkin kanssa, jolloin muodostuu pieniä määriä mahdollisesti myrkyllisiä fluoripitoisia hiilivety-yhdisteitä.

Sevofluraanilla on käyttöä kestoaltaan lyhyissä anestesoissa, joissa tarvitaan nopeutta induktiovaiheeseen ja toipumiseen (päiväkirurginen anestesia). Sen sijaan isojen eläinten anestesoissa hyvin nopea toipuminen on harvoin toivottavaa, ja voi olla jopa haitallista (potilas voi vahingoittaa itseään).

7. Inhalaatioanesteettien jakaantuminen ja vaikutukset elimistöön

Per Rosenberg

Anestesia edellyttää keskushermostossa vallitsevaa riittävää anesteetin osapainetta. Tätä osapainetta säädellään potilaan sisäänhengitysilmassa vallitsevan anesteetin osapaineen välityksellä. Turvallisen ja järkevän anestesianannon perusedellytyksenä onkin tämän vuoksi niiden lainalaisuuksien tunteminen, jotka määräävät, miten hengitysilmaan lisätyn anesteetin osapaineen muutokset heijastuvat anesteetin aivoissa vallitsevaan osapaineeseen. Tätä inhalaatioanesteettien kinetiikkaa luonnehtivat erilaiset fysikaaliset ja fysiologiset olosuhteet, jotka alentavat hengitysilmaan lisätyn anesteetin osapainetta sen matkalla anestesiakoneesta aivoihin ja siten hidastavat muutosten ilmaantumista aivoissa vallitsevaan anesteetin osapaineeseen.

Kliinisesti merkityksellisimmät olosuhteet ("puskurit")

Käytetty hengitysjärjestelmä

Kaasumaisia ja höyrystyviä anesteetteja annostellaan anestesiakoneilla, joiden toimintaa on kuvattu luvussa 8. Anestesiakoneeseen kuuluu kaasua- ja höyrylähte sekä hengitysjärjestelmä, jonka avulla anesteetti johdetaan potilaan hengitysilmaan. Anestesiakoneesta hengitysjärjestelmään lähtevän anesteetin osapaine on kaasuseoksessa suorassa suhteessa anesteetin pitoisuuteen. Pitoisuus ilmoitetaan tavallisesti tilavuusprosentteina.

Kaasuseoksen pitoisuus (tai osapaine) voidaan kuitenkin valita riittävän suureksi vain määrärajoissa, koska hapen osuuden on aina oltava riittävä (n. 30 %), ja myös siksi, että korkea anesteettipitoisuus saattaa ärsyttää hengitysteitä.

Koska kaasua- ja höyrylähte sijaitsevat tavallisesti hengitysjärjestelmän ulkopuolella, laimenee lähteestä hengitysjärjestelmään virtaavan anesteetin osapaine sitä enemmän, mitä pienempi sisään tulevan uuden kaasun ("kantokaasun") virtausnopeus ja mitä suurempi hengitysjärjestelmän tilavuus on. Jos käytetään hengitysjärjestelmää, joka ei salli uloshengitetyn kaasun takaisinhengitystä (ns. non-rebreathing-järjestelmä), on kantokaasun minuuttivirtauksen vastattava hengityksen minuuttitilavuutta, ettei anesteetin osapaine hengitysjärjestelmässä laske.

Hengityksen tilavuus ja jakaantuminen keuhkoihin

Mitä pienempi on hengityksen minuuttivirtaus, sitä hitaammin anesteetin pitoisuus kohoaa alveoli-ilmassa. Esim. metabolinen alkaloosi aiheuttaa kompensatorisen hengityksen minuuttitilavuuden pienenemisen. Vastaavasti esim. kroonisen ahtauttavan keuhkoputkentulehduksen aiheuttama kaasujen jakaantumishäiriö hidastaa anesteetin pitoisuuden kohoamista alveoli-ilmassa. Anestesian syvenemiseen liittyvä hengityksen lamaantuminen lisää siten myös turvallisuutta, koska se hidastaa osapaineen nousua ja anestesian edelleen syvenemistä. Käänteisesti anestesian kevenemiseen liittyvä hengityksen syveneminen (paraneminen) jarruttaa osapaineen laskua ja anestesian kevenemistä. Toisaalta anestesian antaja voi säädellä hengityksen tilavuutta käyttämällä tekohengitystä.

Anesteetin veriliukoisuus

Anesteetin veriliukoisuus on käytännön kannalta tärkein osapaineen nousua "puskuroiva" tekijä. Anesteetin osapaine elimistössä kohoaa sitä nopeammin, mitä

vähemmän anesteettia liukenee vereen. Anesteetin veriliukoisuutta kuvataan anesteetin ns. veri-kaasujakautumisvakiolla (partition coefficient). Tällä tarkoitetaan veritilassa olevan pitoisuuden suhdetta kaasutilassa olevaan pitoisuuteen tasapainotilan vallitessa, ts. kun osapaine on molemmissa faaseissa sama. Esim. **dietyyli-eetteriä**, jonka jakaantumiskerroin on 12, on tasapainotilan vallitessa siis veressä tilavuusyksikkönä 12 kertaa niin paljon kuin alveoli-ilmassa. Luvussa 6 (taulukko 6-1) on esitetty eräiden anesteettien jakautumissuhteet. Esim. vähäliukoisen **desfluraanin** jakautumiskerroin on 0,42 – tasapainotilan vallitessa veressä on desfluraania alle puolet sen pitoisuudesta alveoli-ilmassa. Anesteetin pitoisuuden ja osapaineen välillä kaasu- ja alveolutilassa vallinnut suora suhde katoaa veressä eikä näitä käsitteitä enää voi käyttää toistensa synonyymeinä.

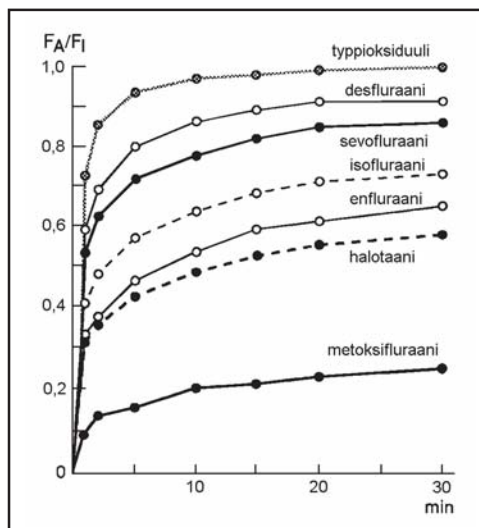
Kuvasta 7-1 nähdään liukoisuuden ”puskuroiva” vaikutus osapaineen nousunopeuteen. Kohtalaisen runsaasti liukenevaa

halotaania (Halothane®) hengitettäessä alveoli-ilman ja valtimoveren osapaine on 20 minuutin kuluttua vasta noin puolet (55 %) sisäänhengitettävän halotaanin osapaineesta. Tämä merkitsee siis sitä, että runsaasti liukenevaa anesteettia on aluksi hengitettävä moninkertaisena yliannostuksena, jotta anestesian edellyttämän osapaineen saavuttamiseen ei kuluisi kohtuuttomasti aikaa. Sen sijaan vähäliukoista anesteettia (esim. **desfluraani** tai **sevofluraani**) hengitettäessä osapaine alveoli-ilmassa ja valtimoveressä vastaa käytännön kannalta sisäänhengitettyä osapainetta jo 5–10 minuutissa. Huolimatta kuvan 7-1 kuvaajien aikaeroista, niissä kaikissa on yhteisenä piirteenä kolme vaihetta: alkuvaiheen nousu, keskivaiheen kaareutuminen ja loppuvaiheen hidastuminen. Näistä ensimmäinen vaihe kuvastaa hengitystä ja anesteetin veriliukoisuutta, toinen sydämen minuuttitilavuutta ja tasapainottumista runsaasti verisuonitettuihin elimiin (esim. aivot) ja kolmas rasvaliukoisuutta ja tasapainottumista kudoksiin, jotka saavat vähän verta (esim. rasva).

Verenkierto

Sydämen minuuttivirtauksen nousun aiheuttama keuhkoverenkierron lisääntyminen puskuroid osapaineen nousua alveoli-ilmassa ja valtimoveressä. Tämä ilmenee kuvassa 7-1 esitettyjen kuvaajien keskivaiheen ”kaarroksen” oikenemisena. Toisaalta lisääntynyt verenkierto jouduttaa tasapainottumista kudosten kanssa, joten kuvaajan toisen vaiheen ”kaarroksen” oikeneminen ja kolmannen vaiheen nousun lievä jyrkentyminen johtaa kokonaisvaikutuksen vähäiseen nopeutumiseen.

Aivojen verenkierron väheneminen esim. hyperventilaation seurauksena hidastaa osapaineen nousua aivoissa, mikä saattaa mitätöidä hyperventilaation nopeuttavan vaikutuksen osapaineen nousuun alveoli-ilmassa. Tämä vastavaikutus on selvempi hengitettäessä huonosti liukenevaa anesteettia; runsaasti liukenevaa anesteettia hengitettäessä hyperventilaation tasapainottumista edistävä vaikutus on yleensä vallitsevana.



Kuva 7-1. Anesteettien liukoisuuden vaikutus siihen nopeuteen, jolla alveolaarinen pitoisuus (F_A) lähestyy sisäänhengitettävää pitoisuutta (F_I). Mitä vähäisempi on veriliukoisuus, sitä nopeampaa on tasapainottuminen.

Shokkitilassa sydämen minuuttivirtaus on alentunut ja elimistö pyrkii turvaamaan aivojen verenkierron alentamalla ääreisverenkiertoa. Lisäksi tilaan liittyy hyperventilaatio. Esitetyn perusteella kaikki em. tekijät vähentävät puskurivaikutusta ja jouduttavat tasapainotilan kehittymistä. Nopeuttava vaikutus korostuu runsaasti liukenevaa anesteettia hengitettäessä. Koska toisaalta runsaasti liukenevaa anesteettia joudutaan aloituksessa käyttämään yliannoksina, on selvää, että shokkitilaan liittyy helposti haitallisen, jopa tappavan, yliannostuksen vaara kiihtyneen, mutta vaikeasti arvioitavan, tasapainottomuuden vuoksi. Runsaasti liukenevien anesteettien käyttöä tulisikin välttää shokkitilassa.

Anesteetin kudოსliukoisuus

Inhalaatioanesteetin veriliukoisuuden tavoin myös kudოსliukoisuus puskuroid osapaineen nousunopeutta kudoksissa sitä enemmän, mitä suurempi kudოსliukoisuus on. Kudოსliukoisuus ilmaistaan kudosten ja veren välisenä jakautumissuhteena. Farmakokineettisistä analyyseistä saatu suuri jakautumistilavuus, V_{d^*} , ilmentää kudოსliukoisuutta. Anesteettien aivo-verijakautumissuhde on lähellä yhtä, joten kudოსliukoisuudella ei juuri ole vaikutusta anesteetin osapaineen nousunopeuteen aivoissa eikä siten anestesia-tilan kehittymiseen. Sen sijaan liukeneminen rasvakudokseen vaihtelee suuresti. Vaikka heikosti verisuonitettu rasvakudos ei käytännössä koskaan ehdikään tasapainotilaan runsaasti rasvaan liukenevaa anesteettia hengitettäessä, kertyy anesteettia kuitenkin suuria määriä rasvakudokseen. Tämä saattaa esim. metaboliittien pitkäaikaisen muodostumisen takia olla haitallista.

Poistuminen elimistöstä

Anesteetin poistumiseen elimistöstä ja osapaineen alenemisnopeuteen, ts. anestesian kevenemis- ja heräämisnopeuteen vaikuttavat samat puskurijärjestelmät kuin osapaineen nousu- eli anestesian kehittymisnopeuteenkin, tosin vastakkaiseen

suuntaan. Täten siis anestesian lopettamisen jälkeen anesteetin osapaine sisäänhengitysilmassa on nolla ja elimistössä valitseva osapaine pyrkii tasapainoon tämän kanssa. Suuren paine-eron vuoksi osapaineen aleneminen on nopeinta heti anestesian lopettamisen jälkeen. Aleneminen hidastuu kuitenkin muutamassa minuutissa paine-eron pienentyttyä. Koska samat puskurijärjestelmät vaikuttavat anesteetin poistumiseen kuin sen elimistöönottoonkin, poistuvat runsaasti liukenevat anesteetit hitaammin kuin vähäliukoiset. Eri anesteettien poistumiskuvaajien muoto vastaa siten kuvassa 7-1 esitettyjen kuvaajien kuvaa ylösalaisin ja peilikuvana katsoen. Ventilaation ja verenkierron poistumista muuttavaan vaikutukseen pätevä samoin elimistöön otton yhteydessä esitetyt periaatteet. Erona poistumisvaiheessa kuitenkin on se, että kun aloitusta voidaan jouduttaa anesteetin pitoisuutta nostamalla, siis yliannostusta käyttäen, niin tätä (vastakkaista) periaatetta ei voida soveltaa anestesian lopetuksessa. Lisäksi anestesiaa lopetettaessa kudokset sisältävät vaihtelevia määriä anesteettia, joka anesteetin annon lopettamisen jälkeenkin siirtyy hyvin verta saavista kudoksista, kuten aivoista, heikommin verta saaviin kudoksiin, kuten lihaksiin ja rasvaan. Tämä anesteetin uudelleenjakautuminen eli redistribuutio nopeuttaa heräämistä (kuva 1-11). Redistribuution nopeuttava vaikutus on sitä voimakkaampi, mitä kauempaan tasapainotilan kehittymisestä ollaan, ts. esim. lyhyen anestesian jälkeen, jossa on käytetty runsaasti rasvaan liukenevaa anesteettia. Toisaalta, kuten edellä jo mainittiin, redistribuutio suosii anesteettien kertymistä elimistöön ja metaboliittien muodostumista.

Anesteetti poistuukin hitaimmin rasvakudoksesta, jonka verenkierto on niukka, mutta sitomiskyky suuri. Niinpä rasvaliukoisen anesteetin (esim. **halotaani**) täydellinen poistuminen elimistöstä keskipitkän anestesian jälkeen saattaa kestää pari viikkoa.

Inhalaatioanesteetit eivät poistu vain hengitysteiden kautta. Eräistä aineista osa

metaboloituu lähinnä maksassa, mutta myös munuaisissa ja keuhkoissa. Yleensä inhalaatioanesteetin metaboliolla ei juuri ole merkitystä heräämisnopeuteen, vaan sen päämerkitys on toksikologinen. Esim. **enfluraanista** vapautuva fluori saattaa määrätilanteissa vaurioittaa munuaisia.

Anestesian vaikutus elimistöön

Anesteettien vaikutus ei kohdistu pelkästään keskushermostoon vaan myös muihin kudoksiin. Kysymyksessä saattaa tällöin olla joko soluihin suoraan kohdistuva "anestesiavaikutus" tai seurausvaikutus keskushermoston toimintahäiriöstä. Suora anestesiavaikutus aiheuttaa yleensä palautuvan toiminnan lamaan tumisen kuten keskushermostossakin. Täten anestesiavaikutus ilmenee esim. sydänlihassolujen supistuvuuden ja maksasolujen eritystoiminnan heikkenemisenä. Keskushermoston toimintahäiriöiden seurausvaikutukset taas saattavat ilmetä sekä kiihtyneinä että lamaan tumeina elintoimintoina. Suorien ja seurausvaikutusten erottaminen toisistaan on usein vaikeaa kliinisessä työssä.

Keskushermosto

Keskushermoston toiminnan lamaan tuminen on hallitseva ilmiö. Lamaan tumisen aste lisääntyy niin voimakkuudeltaan kuin laajuudeltaankin osapaineen kohoamisen myötä, joskin erällä anesteeteilla (esim. **typpioksiduuli**, **enfluraani**) on myös keskushermostoa kiihottavia ominaisuuksia. Alueellinen herkkyys vaihtelee, niin että vaikutus ilmenee ensin kuorikerroksessa, sitten aivojen syvemmissä kerroksissa, selkäytimessä ja lopuksi ydinjatkoksessa (⇒ luku 1). Eri alueiden lamaan tumista seuraavat toimintahäiriöt, lähinnä heijasteiden sammuminen, kuvastavat anestesian syvyyttä. Kuorikerroksen säätelevän vaikutuksen lamaan tuessa kehittyvät ns. eksitaatio eli kiihotusvaihe, jossa motoriset ja autonomiset heijasteet ovat suuresti herkistyneet. Lamaan tumisen edetessä väliaivoihin kiihotusoireet häviävät vähitellen ja

alkaa varsinainen anestesiavaihe. Tätä vaihetta kuvastaa **luomiheijasteen** sammuminen (HEVOSELLA säilyy pitkään). Myös **nie-luheijaste** katoaa varsin pinnallisessa anestesiassa, paitsi KISSALLA ja SIALLA. Henkitorvesta alkavat ja esim. vatsalihasten jännevyyttä ylläpitävät heijasteet häviävät vatsakirurgian yhteydessä vasta syvässä anestesiassa. Hengityksen laatu, verenkierron tila, silmien liikkeet, mustuaisen koko sekä kyynel- ja sylkivuoto antavat myös viitteitä anestesian syvyydestä. Anestesian "kliininen syvyys" ei kuitenkaan riipu pelkästään anesteetin osapaineen aiheuttaman lamaan tumisen asteesta vaan myös keskushermostoon samanaikaisesti tulevien herätteiden voimasta. Tämä on tärkeätä pitää mielessä, koska riittävältä näyttävä anestesia syvyys saattaa leikkauksen alkessa osoittautua täysin riittämättömäksi.

Onneksi hengitystä ja verenkiertoa säätelevä ydinjatkos on vähiten herkkä anesteetin vaikutuksille, koska sen lamaan tumisen aiheuttaa hengityksen ja verenkierron pettämisen ja kuoleman.

Anestesian syvyys kuvastuu myös aivojen sähköisessä toiminnassa ja siten EEG:ssä. Yleissääntönä on, että EEG:n frekvenssi harvenee ja amplitudi kasvaa anestesian syvetessä. EEG-muutokset vaihtelevat kuitenkin eri anesteettien ja yksilöiden välillä liikaa soveltuakseen vielä luotettavaan ja yksiselitteiseen anestesian syvyyden määrittämiseen kliinisessä työssä. Anestesian syvyyden arviointi onkin huomattava käytännön ongelma etenkin käytettäessä **lihasrelaksantteja**, jotka estävät arvioinnin hengityksen ja lihasheijasteiden avulla. Viime vuosina on ihmispotilaiden anestesia syvyyden ("riittävyden") monitorointiin otettu käyttöön EEG:n bispektriä jatkuvasti analysoiva laite (BIS), jonka avulla tajuisuuden todennäköisyys voidaan ilmaista yhdellä luvulla. BIS-laitteen käyttökelpoisuudesta eläinanesestioissa ei vielä ole riittävästi kokemusta.

Hengityselimistö

Anestesia lamaa hengitystä, ts. pyrkii aiheuttamaan hypoksiaa ja hyperkapniaa.

Lama on keskushermostoperäistä (aivorungon ja ydinjatkoksen lamaanuminen), joskin varsinkin halogenoidut inhaloivat anesteetit aiheuttavat usein myös takypneaa eli hengityksen pinnallistumista ja nopeutumista (Hering-Breuerin refleksi herkistyy). Käytännössä kuitenkin kirurgian aiheuttama nosiseptio (vaurioaste) kiihdyttää hengitystä siinä määrin, että se usein kumoo täysin anesteetin lamaavan vaikutuksen.

Monet anesteetit ärsyttävät hengitysteiden limakalvoja ja voivat siten vaikeuttaa hengitystä. Toisaalta halogenoidut anesteetit laajentavat tehokkaasti esim. intubaatioputken ärsytyksen aiheuttamaa keuhkoputkiston ahtautumista. Halogenoidut anesteetit estävät myös hypoksian laukaisemaa keuhkoverisuonten supistumista ("Hypoxic Pulmonary Vasoconstriction = HPV response") ja pahentavat siten oikovirtausta keuhkoissa. Lisäksi ne ehkäisevät värekarvatoimintaa, mikä suosii liman kertymistä keuhkoihin.

Riittävän ja mahdollisimman häiriöttömän hengitystoiminnan varmistaminen, tarvittaessa tekohengityksen avulla, onkin turvallisen anestesian eräs perusedellytys.

Verenkiertoelimistö

Anesteetit lamaavat sydämen supistuvuutta *in vitro*, ja vaikutus on riippuvainen annoksen suuruudesta. *In vivo* vaikutus on kuitenkin vaihteleva. Tämä johtuu samanaikaisesti tapahtuvista homeostaattisen säätelyjärjestelmän muutoksista (esim. katekoliamiinien vapautuminen). Kuitenkin halotaani ja enfluraani alentavat yleensä sydämen minuuttivirtausta, isofluraanilla ei juuri ole vaikutusta ja typpioksiduuli saattaa lisätäkin sitä. Hengityksen vaikutus verenkiertomuutoksiin on huomattava. Esim. tekohengitys estää laskimoveren paluuta ja vähentää hiilidioksidin aiheuttamaa sympaattista stimulaatiota ja pahentaa siten verenkiertolamaa. Toisaalta sydämen supistuvuuden lamaanuminen vähentää sydänlihaksen hapen kulutusta ja siten koronaariverenkierron tarvetta.

Halogenoidut anesteetit alentavat myös verenpainetta. Verenpaineen lasku korreloi sydämen minuuttivirtauksen laskuun, mutta on lisäksi riippuvainen ääreisvastuksesta. Niinpä halotaanin verenpainetta alentava vaikutus riippuu pääasiallisesti minuuttivirtauksen vähentymisestä, isofluraanin vaikutus pääasiallisesti ääreisvastuksen alenemisestä ja enfluraanin vaikutus molemmista. Uusimpien inhalaatioanesteettien, desfluraanin ja sevofluraanin vaikutukset verisuoniin ja sydämeen ovat samanlaisia kuin isofluraanilla.

Halotania lukuunottamatta halogenoidut anesteetit lisäävät sydämen lyöntitiheyttä ja kaikki lamaavat barorefleksorista säätelyä sekä lisäävät rytmihäiriöalttiutta. Rytmihäiriöitä aiheuttavia tekijöitä – kuten esim. haitallisia autonomisia heijasteita, hapen puutetta, hiilidioksidin kertymistä ja katekoliamiinien käyttöä – on täten varotettava näiden anesteettien yhteydessä.

Anesteetit vaikuttavat verenkiertoon siis monin tavoin, ja kokonaisvaste voi olla hyvinkin vaihteleva. Sydän- ja verenkiertosairauksien yhteydessä anesteetin oikealla valinnalla saattaa olla ratkaiseva merkitys. Anesteetin verenkiertoaikutuksia tulisi valvoa anestesian aikana.

Parenkymielimet

Anesteetit lamaavat parenkymielinten toimintaa. Toiminnan heikkeneminen saattaa johtua suorasta soluvaikutuksesta tai esim. anestesian tai kirurgian aiheuttamasta verenkierron heikkenemisestä. Toimintahäiriö on ohimenevä ja sen kliininen merkitys on yleensä vähäinen, eikä sitä tule sekoittaa anesteettien metaboliittien spesifisiin, toksisiin vaikutuksiin, jotka ilmenevät anestesian jälkeen. Vakavasti vaurioituneissa elimissä anestesia saattaa kuitenkin olla toiminnan pettämiseen johtava "viimeinen pisara".

Anesteettien toksisuus

Kudosvaurion aiheuttajina tulevat kysymykseen seuraavat neljä mekanismia: 1) toksisten metaboliittien kertyminen soluihin,

2) yliherkkyyttä aiheuttavien hapteenien muodostuminen, 3) kovalentteja sidoksia makromolekyylien kanssa muodostavien tai tuhoavia ketjureaktioita käynnistävien reaktiivisten välituotteiden muodostuminen ja 4) **typpioksiduulin** reaktio **B₁₂-vitamiinin** kanssa. Viimeksi mainittua lukuun ottamatta perustuvat kaikki mekanismit siis metaboliittien muodostumiseen. Lukuun ottamatta **enfluraanista** ja **sevofluraanista** vapautuvan fluoridin munuais-toksista vaikutusta ei näiden mekanismien osuutta toistaiseksi ole pystytty sitovasti osoittamaan kliinisten anestesioiden aiheuttamissa kudosaivourioissa. Silti vähiten metaboloituva **isofluraani** on tässä suhteessa halogenoiduista anesteeteista turvallisin.

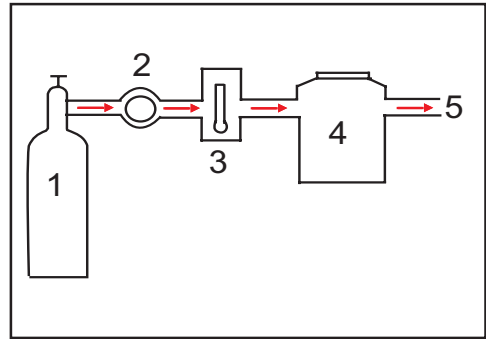
Sioilla esiintyy geneettinen **halotaaniherkkyyssvaihtelu**. Ns. stressiherkät siat saavat halotaanianestesiassa malignin hypertermian. Halotaaniherkkien sikojen poikkijuovaisen lihaskudoksen solujen endoplasmaattinen kalvosto vapauttaa kalsiumin halotaanin vaikutuksesta.

Anesteettien on epäilty voivan vaikuttaa karsino-, muta- ja teratogeenisesti jatkuvasti altistuvaan hoitohenkilökuntaan. Nykykäsityksen mukaan karsino- ja mutageenistä vaikutusta voidaan pitää poissuljettuna, mutta teratogeenisten vaikutusten osalta näyttävät lisätutkimukset olevan tarpeen ennen kuin riski voidaan kokonaan sulkea pois. Joka tapauksessa tehokas "jätekaasupoisto" yhdistettynä hyvään ilmanvaihtoon leikkaussaleissa on välttämätöntä.

8. Anestesia-laitteistot ja hengitysjärjestelmät

Per Rosenberg

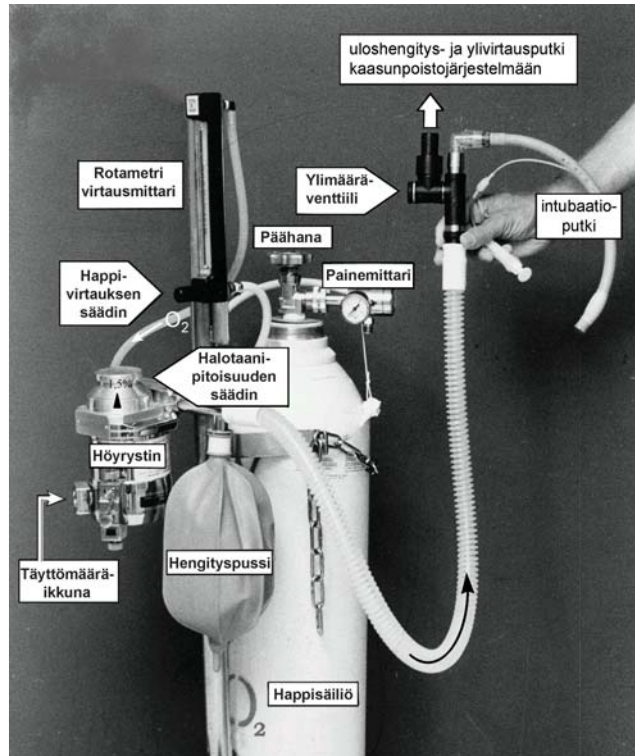
Yhtä tärkeätä kuin on tunne ne lainalaisuudet, jotka määräävät anesteetin aivoissa vallitsevan osapaineen riippuvuuden sisäänhengitysilman osapaineesta, on kykyä säätämään sisäänhengitysilman osapaine halutun suuruiseksi, ts. annostella anesteettia toivotulla tavalla. Tämä tapahtuu anestesia-laitteiston avulla. Vaikka käytössä olevat anestesia-laitteistot ovat yksityiskohtaiselta rakenteeltaan ja teknisiltä ratkaisuiltaan hyvinkin erilaisia, käsittävät ne kaikki kuitenkin seuraavat viisi osaa: 1) kaasulähde, 2) paineenalennusventtiili, 3) rotometri eli virtausmittari, 4) höyrystin ja 5) hengitysjärjestelmä (kuva 8-1).



Kuva 8-1. Anestesia-laitteiston viisi perusosaa: 1 = kaasusäiliö, 2 = paineenalennusventtiili, 3 = virtausmittari, 4 = höyrystin, 5 = hengitysjärjestelmä.

Kaasulähde

Riippuen leikkausosaston koosta, käytetään joko keskitettyä tai hajautettua kaasulähdettä. Maamme sairaaloissa lienee nykyään lähes kaikissa keskussuureverkosto, mutta pienemmissä yksiköissä, kuten yksityisillä lääkäri- ja eläinlääkäriasemilla, käytetään edelleen anestesia-koneeseen suoraan kytkettyjä irrallisia kaasusäiliöitä eli "kaasupulloja". Tavallisimmin käytetyt kaasut ovat **happi** ja **typpioksiduuli (ilokaasu)** sekä usein myös paineilma. Näistä happea voidaan pitää välttämättömänä. Tosin paineilmaakin kelpaa komplisoitumattoman anestesian kantokaasuksi, mutta hengityksen ja verenkierron mahdollisten hätätilanteiden vuoksi on parempi käyttää happea tai hapen ja paineilman seosta. Paineilma valmistetaan kompressorilla suodatinta käyttäen.

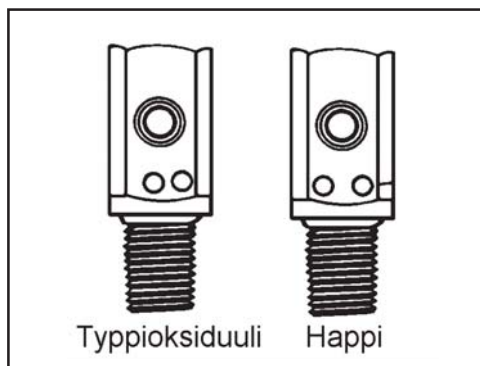


Kuva 8-2. Pieneläinvastaanoton inhalaatioanestesia-laitteisto (avoin happi-halotaani-järjestelmä).

Happi on happisäiliössä kaasumuodossa ja säiliön paine on täytenä 200 ilmakehää (ATM). Säiliössä olevan kaasun määrän voi siis laskea kertomalla säiliön tilavuuden säiliössä vallitsevalla paineella. Sen sijaan **typpioksiduuli**, jonka kriittinen lämpötila on 36,5 °C, nesteytyy huoneenlämmössä paineen alaisena ja on säiliössä nesteenä. Tämän vuoksi typpioksiduulisäiliön paine (50 ATM) pysyy vakiona, kunnes kaikki neste on kaasuuntunut. Kun neste on kaasuuntunut ja mittarilukema alkaa laskea, on säiliössä enää jäljellä vajaa 10 % kokonaismäärästä. Säiliössä olevan typpioksiduulin määrän mittaamiseksi on säiliö siis punnittava.

Paineentasausventtiili

Kaasu johdetaan säiliöstä paineenalennusventtiiliin kautta letkulla anestesiakoneeseen. Paineenalennusventtiiliin liitetään painemittari säiliön paineen seuraamiseksi (kuva 8-2). Paineenalennusventtiili alentaa siis säiliössä vallitsevan korkean paineen käyttöön sopivaksi (esim. 3 ATM) ja turvaa vakion kaasuvirtauksen. Jos käytössä on myös keskuskaasuverkosto, pyritään paine siellä pitämään hieman korkeampana kuin irrallisissa varasäiliöissä, jotta virtaus ensisijassa tapahtuisi keskusjärjestelmästä ja varasäiliöt eivät tyhjäntyisi, vaikka niiden päähana unohtuisikin auki. Paineen-

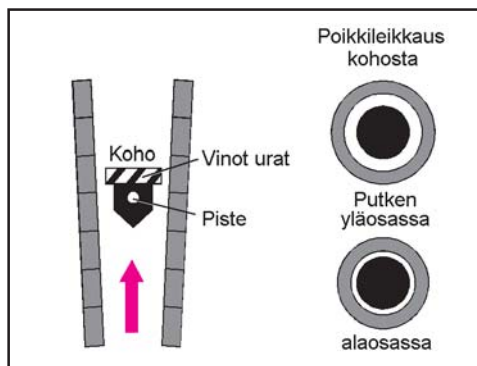


Kuva 8-3. Hapen ja typpioksiduulin pikaliittimet. Huomaa anestesiakoneen "tappeja" vastaavien reikien erilainen sijoittelu happi- ja typpioksiduuliliittimissä.

alennusventtiilistä anestesiakoneeseen johdettavan letkun pää on varustettava liittimellä, joka ei salli **happiletkun** liittämistä **typpioksiduuli**putkistoon tai päinvastoin. Tavallisesti käytetään pikaliittimiä, joiden "koiras- ja naarasosat" on sijoitettu siten (kuva 8-3), ettei virheliitäntä onnistu. Tämä on erittäin tärkeää, koska virheliitäntä voisi helposti johtaa vakaviin komplikaatioihin, joita ennen nykyisiä turvajärjestelyjä tapahtui melko usein.

Rotametrit

Paineenalennusventtiilistä anestesiakoneen putkistoon johdettu kaasu annostellaan hengitysjärjestelmään virtausmittarien avulla. Rotametrin toiminta perustuu siihen, että ahtaan paikan kautta johdetun kaasun virtaus riippuu ahtauman eri puolten välisestä paine-erosta. Virtausmittari on pallo- tai kartiomainen koho, joka kelluu ylöspäin laajenevaan putkeen alhaalta johdetussa kaasuvirrassa (kuva 8-4). Siten kohon ja putken seinämän väliin jäävä rengasmainen ahtauma laajenee ylöspäin. Ahtauman aiheuttama painehäviö riippuu aukon suuruudesta ja kaasun virtauksesta. Koho asettuu siis sille kohdalle, missä ylä- ja alapuolen paine-ero vastaa kohon painoa. Mittaustarkkuuden kannalta on välttämätöntä, että koho kelluu vapaasti kaasuvirrassa. Tämän vuoksi



Kuva 8-4. Rotametriputki on ylöspäin levenevä putki. Kohon ja seinämän väliin jäävä rengasmainen aukko suurenee yläosaan päin siirryttäessä.

kohot on yleensä merkitty värillisellä pisteellä, joka sallii vapaan pyörimisen toteuttamisen. Vapaata pyörimistä saattavat häiritä lika, hankaussähköiset lataukset ja rotametriputken asennon poikkeaminen pystysuorasta asennosta. Häiriöiden ilmaantuessa on rotametri huollettava ja sen pystyasento varmistettava esim. vesivaa’alla. Virtausta ei sen sijaan lueta vapaata pyörimistä osoittavan merkkipisteen kohdalta vaan kartiokohon yläreunasta tai pallokohon keskeltä.

Koska virtausmittarien tulisi käytännön työssä erikokoisia eläimiä nukutettaessa pystyä tarkasti osoittamaan erittäin vaihtelevia kaasuvirtauksia (100 ml:sta yli 10 litraan/min), joudutaan tarkkuuden säilyttämiseksi turvautumaan kahteen mittariin, joista toinen on kalibroitu pienille ja toinen suurille virtauksille. Toinen mahdollisuus on käyttää rotametriputkessa ”kaksoislaajennusta”. Tällöin putken tarkemmin mittaava alaosa laajenee loivemmin kuin epätarkempi yläosa.

Kaasun virtaus säädetään halutuksi neulaventtiilillä liikuttavan säätönupin avulla. Eri kaasujen säätönuppien tulee olla erilaisia, niin että nupista voidaan sormin myös tuntea, mitä kaasua ollaan säätämässä. Virtausmittarit on syytä sijoittaa anestesian antajan silmän korkeudelle seurannan helpottamiseksi ja varmistamiseksi. Kullekin kaasulle tulee niiden erilaisten virtausominaisuuksien vuoksi olla luonnollisesti oma rotametri. Käytettäessä useampia rotametrejä tulisi happimittari sijoittaa viimeiseksi, jolloin esim. putkistovuotojen yhteydessä hapen hukkaan virtaamisen ja hapenpuutteen kehittymisen todennäköisyys vähenee. Suomessa tästä säännöstä on kuitenkin tingitty, koska sisäänhengitetyn hapen osuuden jatkuvaa mittausta pidetään ihmispotilailla välttämättömänä.

Kaasuseoksia annostettaessa on hapen riittävän osuuden (25–30 %) varmistaminen tärkeämpää kuin hapen absoluuttinen määrä. Tämän vuoksi onkin konstruoitu rotametrejä, jotka turvaavat tarvittavan hapen vähimmäismäärän, mutta sallivat

muuten hapen prosenttiosuuden vapaan säädön. Käytännöllisyydestään huolimatta nämä eivät kuitenkaan vielä näytä syrjäyttäneen kaasukohtaisten rotametrien käyttöä.

Happilähde on syytä yhdistää myös ns. hätähappeen. Hätähapella ymmärretään järjestelyä, jonka avulla erillisen ”hanan” avulla voidaan ohjata suuri määrä hapetta virtausmittarien ja höyrystimen ohi suoraan hengitysjärjestelmään. Käytetyt virtaukset ovat yleensä n. 50 l/min:n luokkaa. Hätähapetta ei kuitenkaan ylipaineen vaaran vuoksi tule käyttää pienitilavuusisissa hengitysjärjestelmissä.

Höyrystimet

Virtausmittareista kantokaasu tai kaasuseos (tavallisesti hapen ja typpioksiduulin tai hapen ja paineilman seos) johdetaan höyrystimeen. Höyrystin on laite, jossa nestemäinen anesteetti höyrystyy kaasuksi ja sekoitetaan haluttuna määränä hengitysjärjestelmään virtaavaan kantokaasuun. Koska useimpien höyrystyvien anesteettien kyllästetty höyrinpaine ylittää anestesian vaatiman osapaineen, on sekoittamisen (ts. kyllästetyn höyrin laimentamisen) oltava tarkka ja luotettava. Käytännössä tämä on ratkaistu siten, että vain osa kantokaasusta ohjataan höyrystimen kammiota kautta, ja tämä kyllästynyt osa sekoitetaan halutussa suhteessa höyrystimen ohi virranneeseen kantokaasuun. Näin saadaan hengitysjärjestelmään virtaavaan kaasuseokseen haluttu höyrystyvän anesteetin pitoisuus, joka tavallisesti ilmaistaan tilavuusprosentteina.

Höyrystyminen vaatii energiaa. Ellei lisäenergiaa toimiteta ulkoa höyrystimeen, laskee lämpötila voimakkaasti. Yksinkertaisissa ”lasipurkkityypisissä” höyrystimissä (ns. Boylen pullo) lämpötilan aleneminen on todettavissa tiivistyneen kosteuden jäätyneenä höyrystimen ympärille.

Vakioinen höyrystyminen edellyttää myös vakaata kaasuvirtaa ja painetta höyrystinkammiossa. Nämäkään edellytykset eivät täyty yksinkertaisissa vanhanaikaisissa

sa höyrystimissä tekohengitystä käytettäessä tai jos höyrystin on sijoitettu hengityskiertoon, mitä järjestelyä ei nykyään pidetä suotavana.

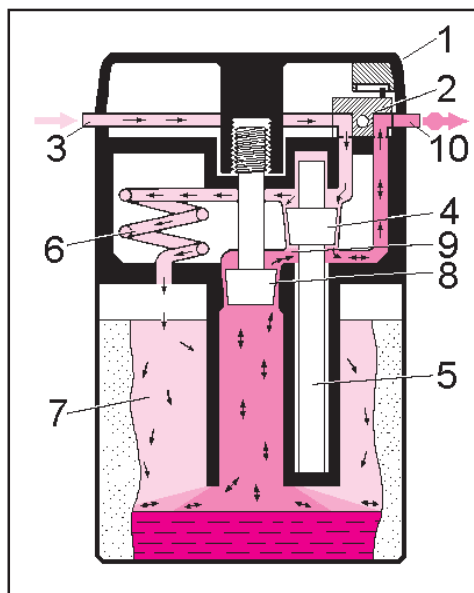
Kliinisessä työskentelyssä käytetäänkin nykyään yksinomaan lämpötila-, virtaus- ja painekompensoituja vakioisen anesteettipitoisuuden turvaavia höyrystimiä. Vaikka ainakin eräissä eläinanestesiaa käsittelevissä oppikirjoissa vielä esitellään epävakioisia höyrystimiä ja niiden käyttöongelmia varsin perusteellisesti, ei ole mitään syytä käyttää niitä enää eläinpotilaitakaan nukutettaessa. Hankintavaiheen mahdolliset pienet säästöt, ts. ihmispuolelta poistettuja laitteita lähes ilmaiseksi, eivät hankaloituvien ja pitkittyvien leikkausolosuhteiden, suuremman anesteettikulutuksen ja mahdollisesti menetettyjen potilaiden takia todellakaan kannata.

Uusien vakiohöyrystimien tekniset ratkaisut ovat vaihtelevia. Niinpä lämpötilakompensatio voidaan toteuttaa varustamalla höyrystin paksulla, hyvin lämpöä johtavalla, esim. kuparisella, kuorella tai kaksoismetalliläpällä, joka lämpötilan laskessa päästää vastaavasti suuremman osan kantokaasun virtauksesta höyrystimeseen. Kuvassa 8-5 on esitetty erään vakioisen höyrystimin mallin läpyleikkauksen avulla sen toimintaperiaate. Nykyaikaisia vakiohöyrystimiä voidaan pitää varsin tarkkoina ja luotettavina riippumatta siitä, miten vakioiminen on teknisesti toteutettu.

Uusista inhalaatioanesteeteista **desfluraani** vaatii oman muista poikkeavan höyrystimensä, sillä aineen kiehumispiste on vain 22,8 °C. Desfluraanihöyrystimet lämmittävät nesteen kaasuksi, joka sekoitetaan erilliseen happivirtaukseen ja edelleen hengitysjärjestelmän tuorekaasuun.

Annostelua säädellään säätönupilla, josta nähdään, mikä on hengitysjärjestelmään virtaavan seoksen anesteettipitoisuus. Säätönupissa kuuluu olla turvalukitsin, joka on avattava, ennen kuin höyrystin alkaa toimia. Annostelua säädetään kliinisten vasteiden (verenpaine, pulssi, motoriset vasteet nosiseptiolle) mukaan, sillä hyvissäkin

höyrystimissä saattaa esiintyä toimintahäiriöitä, joten höyrystimen säätönupin arvoihin ei tule sokeasti luottaa. Spontaanihengitystä käytettäessä hengitystilavuus säätelee varsin pitkälle "automaattisesti" anestesian syvyyttä. Tekohengitystä käytettäessä tämä varmuustekijä kuitenkin puuttuu, ja jos kysymyksessä on yhdistelmäanestesia, saattaa anestesian syvyyden arviointi kliinisten vasteiden perusteellakin olla vaikeaa. Tämän vuoksi olisikin hyvä valvoa jatkuvasti alveoli-ilmaa kuvastavan lop-



Kuva 8-5. Dräger Vapor -mallisen vakioisen höyrystimin läpyleikkaus. Säätönupin (1) kääntäminen haluttuun lukemaan (tilavuus-%) avaa oikovirtauksen (2) kantokaasulle (3) kartioaukkoon (4), jossa on lämpötilan muutoksia kompensoiva laajeneva sauva (5). Tämä ohjaa osaa virtauksesta kierreputkeen (6), joka kompensoi paineenmuutokset hengitysjärjestelmässä ennen kaasun pääsyä höyrystinkammioon (7). Kyllästynyt kantokaasu lähtee höyrystinkammioista säätökartioaukon (8) kautta, joka säätelee pitoisuuden säätönuppi 1:n mukaiseksi. Tämän jälkeen kyllästynyt kaasu sekoittuu oikovirtaaneseen kantokaasuun (9) ja poistuu höyrystimestä (10) hengitysjärjestelmään.

pu-uloshengitysilman anesteettipitoisuutta. Tätä tarkoitusta varten on markkinoilla varsin käytännöllisiä infrapuna-absorptioon perustuvia anesteettianalysointilaitteita. Ne ovat levinneet kliiniseen rutiinikäyttöön ihmispotilaiden monitoroinnissa, ja niiden käyttö eläinpotilaidenkin anestesoissa on lisääntynyt.

Kullekin anesteetille tulee käyttää sitä varten konstruointia höyrystintä, koska anesteettien höyrystymisominaisuudet vaihtelevat. Höyrystimien vakioisuuteen ja sen seurannaisvaikutukseen, anesteettispesifisyyteen, liittyy myös ongelmia. Höyrystimen täyttö väärällä anesteetilla, väärän anesteetin lisääminen osittain oikealla anesteetilla täytettyyn höyrystimeen ja useampien höyrystimien samanaikainen käyttö eri höyrystimien ollessa peräkkäin kiinnitettynä ovat virheitä, jotka helposti aiheuttavat tappavia yliannostuksia tai onnekkaimmassa tapauksessa riittämättömän anestesian. Näiden virheiden mahdollisuuksia on pyritty poistamaan käyttämällä höyrystimien täyttöön spesifisesti koodattua liitintä ja jättämällä anestesiakojeeseen vain yksi paikka pikaliittimellä vaihdettavaa höyrystäjää varten.

Vaarallisia yliannostustilanteita saattaa myös syntyä, kun höyrystin oletetaan erheellisesti tyhjäksi. Höyrystimen täyttöasettämisen seurataan pienestä sivuikkunasta, josta ei kuitenkaan näe, onko höyrystin täysin tyhjä. Tämän voi varmistaa vain mittaamalla anestesiakaasupitoisuuksia hengitysjärjestelmästä. Samoin, jos höyrystin on vahingossa käännetty ylösalaisin voi se kääntämisen jälkeen jonkin aikaa antaa vaarallisen korkeita pitoisuuksia. Näitä, vain jatkuvalla mittauksella todettavia yliannostusmahdollisuuksia tulee epäillä, jos kliiniset vasteet viittaavat odotettua syvempään anestesiaan.

Hengitysjärjestelmät

Hengitysjärjestelmä käsittää letkun tai letkuston, joka johtaa virtausmittareista ja höyrystimestä tulevan kaasuseoksen potilaan hengitysteihin ja jonka kautta poti-

laan elintoimintojen kannalta välttämätön hengitys, siis hapen otto ja hiilidioksidin luovutus tapahtuu. Kaasujen vaihdon merkitystä on syytä korostaa jo määrittelyn yhteydessä, koska siihen liittyvien häiriöiden osuus on kliinisessä työssä tavallisempi ja vaarallisempi kuin anesteetin antoon liittyvät häiriöt. Tämä on varsin ymmärrettävää, kun huomioidaan, että anestesiakaasut potilaaseen ohjaava hengitysjärjestelmä samalla eristää potilaan normaalista atmosfääristä. Tilanne on siis analoginen happilaitteita käyttävän sukeltajan kanssa.

Hengitysjärjestelmien jaottelu on vaihtelevaa ja sekavaa. Samat käsitteet saattavat jopa tarkoittaa eri järjestelmiä. Tämä on syytä pitää mielessä hengitysjärjestelmiä käsitteleviä esityksiä tarkasteltaessa. Hengitysjärjestelmää esitellessä onkin tämän vuoksi parempi kuvata se mahdollisimman yksityiskohtaisesti kuin tyytyä jonkin luokittelun sille antamaan nimeen.

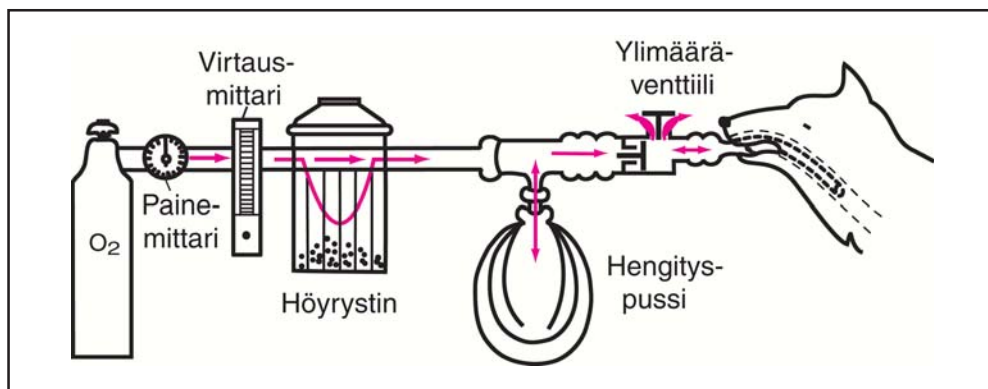
Käytännön kannalta tärkein luokittelu perustuu siihen, käytetäänkö potilaan uloshengitysilmaa uudelleen vai ei. Tämän perusteella hengitysjärjestelmät jaetaan takaisinhengityksen estäviin eli **“non-rebreathing”**- ja takaisinhengityksen salliviin eli **“rebreathing”**-järjestelmiin.

Takaisinhengityksen estävien ja sallivien hengitysjärjestelmien pääasialliset erot

Järjestelmien periaatteellisia eroja ja siten pitkälle myös niiden käyttöindikaatioita luonnehtivat seuraavat seikat:

- 1. Tarvittavan kantokaasuvirtauksen suuruus**, joka **“non-rebreathing”**-järjestelmissä tulee olla hengityksen minuuttivirtauksen luokkaa tai yleensä suurempi. Täysin suljetussa **“rebreathing”**-järjestelmässä taas riittää potilaan hapenkulutusta vastaava kantokaasuvirtaus. Aikuisella ihmispotilaalla tämä siis merkitsee sitä, että kun **“non-rebreathing”**-järjestelmässä tarvitaan 5–10 litran minuuttivirtaus, riittää **“rebreathing”**-järjestelmässä 200–300 ml:n

- minuuttivirtaus, kun kantokaasu käytetään puhdistuksen jälkeen uudestaan.
2. Suuresta kantokaasuvirtauksesta seuraa, että **“non-rebreathing”**-järjestelmä on epätaloudellisempi ja **lisää työskentelytilojen kaasusaastetta** moninkertaisesti **“rebreathing”**-järjestelmään verrattuna.
 3. Toisaalta suuri kaasuvirtaus aiheuttaa sen, että **“non-rebreathing”**-järjestelmä on **vähemmän herkkä muutoksille** kaasujen koostumuksessa. Se on siten potilaalle turvallisempi, varsinkin hypoksian vaaraa ajatellen, eikä vaadi yhtä monimutkaista valvontalaitteistoa kuin täydellinen **“rebreathing”**-järjestelmä.
 4. Koska **uloshengitysilma** ei anestesiaa aloitettaessa juuri sisällä anesteettia, **“rebreathing”-järjestelmässä** se **laimentaa** anestesia-laitteesta hengitysjärjestelmään virtaavan **anesteetin pitoisuutta**. Laimennusvaikutus on luonnollisesti sitä suurempi, mitä suuremman osan hengityksen minuuttitilavuudesta uloshengitysilma täyttää, ts. mitä pienempi on kantokaasuvirtaus.
 5. Tämän vuoksi **“non-rebreathing”**-järjestelmä **sallii anestesian kehityksen nopeammin**, koska anestesia-koneesta annosteltu anesteetti virtaa laimentamattomana sisäänhengitysilmaan.
 6. Uloshengitysilman **laimennusvaikutus koskee myös happea**, kuten edellä jo mainittiin ja on sitä suurempi, mitä pienempi kantokaasuvirtaus on. Siten käytettäessä esim. **hapen ja typpioksiduulin** seosta kahden litran kokonaisvirtauksella tulee hapen osuus seoksessa olla ainakin 40 %, jotta se turvaisi 25–30 % happea sisäänhengitysilmasa. Vaikka laimennusvaikutus on lasketavissa, olisi hyvin pieniin virtauksiin mentäessä syytä liittää happianalysaattori sisäänhengitysilmaa valvomaan.
 7. Uloshengitysilma on lämmitettyä ja kostutettua. Siten **“rebreathing”**-järjestelmien käyttö **vähentää** anestesian aikaista **lämmönhukkaa** ja kuivattaa vähemmän hengitysteitä kuin suurivirtauksiset **“non-rebreathing”**-järjestelmät.
 8. Uloshengitysilma sisältää **hiilidioksidia**, joka **“rebreathing”-järjestelmissä on poistettava kemiallisesti**. Hiilidioksidin poistoon käytetään ns. **soda limea** (eli **“absorptiokalkkia”**), joka on **natriumhydroksidin** ja **kalsiumhydroksidin** seosta ($\text{NaOH} + \text{Ca(OH)}_2$; 1:2). Usein seokseen lisätään myös indikaattoriväriä osoittamaan, milloin absorptioteho on kulunut loppuun. Absorption yhteydessä hydroksideista syntyy hiilidioksidin vaikutuksesta karbonaatteja. Lisäksi syntyy vettä ja lämpöä, jotka siten lisäävät kohdassa 7 esitettyjä eroja järjestel-



Kuva 8-6. Takaisinhengityksen estävässä, ns. non-rebreathing-järjestelmässä kaasu on kertakäyttöistä. Takaiskuventtiili ohjaa kaasuseoksen sisäänhengityksessä potilaaseen ja päästää uloshengityksen poistoaukosta.

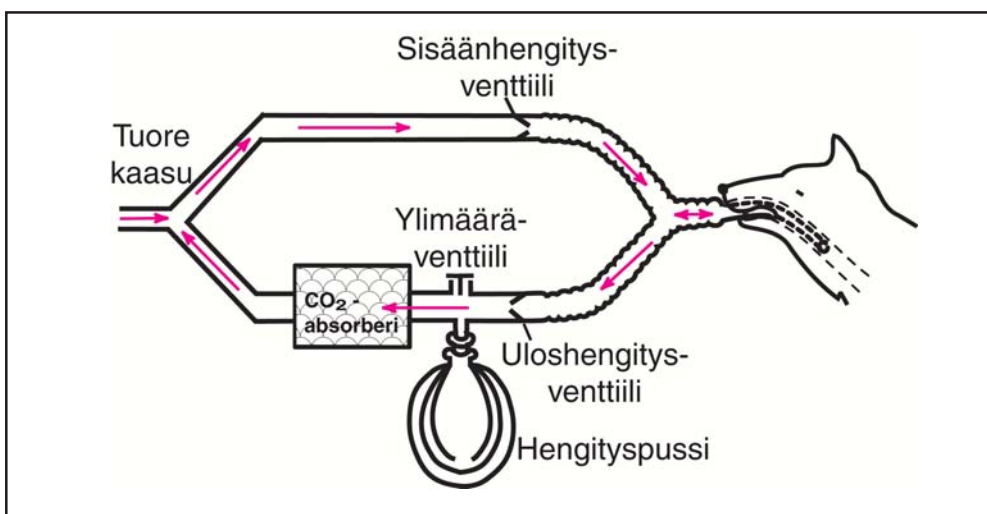
mien välillä. Reaktio natriumhydroksidin kanssa on nopea ja käynnistää reaktion kalsiumin (myös **bariumhydroksidia** voidaan käyttää) kanssa, joka määrällisesti on vallitseva reaktio. 100 g "soda limea" absorboi noin 15–20 l hiilidioksidia. Absorptio-ominaisuudet riippuvat kuitenkin suuresti esim. jyvasten koosta, kestävydestä ja pakkaustavasta. Nykyään käytetään ihmispotilaille yleensä valmiiksi pakattuja muovikanistereita, joiden absorptio-ominaisuudet ovat luotettavat ja hyvät. Lämmön kehittymistä, esim. käsin tunnustellen, voi myös käyttää osoittamaan, onko absorptiokapasiteettia vielä jäljellä. Varmin tapa on tietysti kytkeä hiilidioksidianalysaattori hengitysjärjestelmään.

Yleisesti käytettyjä hengitysjärjestelmiä

Takaiskuventtiilillä varustettu järjestelmä (kuva 8-6) ja täysin suljettu kiertävä järjestelmä (kuva 8-7) edustavat "non-rebreathing"- ja "rebreathing"-järjestelmiä niiden puhtaimmassa muodossa. Takaiskuventtiilit ovat tilavuudeltaan muuttuvan spontaanihengityksen aikana helposti lukkiutuvia ja muutenkin kömpelöitä, eivätkä

siten kovin suosittuja. Kiertävää systeemiä taas ei juuri saada niin tiiviiksi, että se toimisi täysin suljettuna. Lisäksi täydellinen "rebreathing"-järjestelmä on valvonnaltaan vaativa ollakseen turvallinen. Tämän vuoksi yleisessä käytössä olevat hengitysjärjestelmät ovat jossain määrin "sekaskiöitä", mikä on omiaan vaikeuttamaan niiden luokittelua.

Kiertävät järjestelmät ovat ainakin Suomessa yleisimmin käytettyjä humaani-puolella (kuva 8-7). Nimi kiertävä johtuu siitä, että näissä kaasu kiertää yhteen suuntaan läppien ohjaamana. Järjestelmää voitaisiin teoreettisesti käyttää täysin suljettuna (täydellinen takaisin hengitys), mutta em. syistä kiertävää järjestelmää käytetään tavallisesti ns. lähessuljettuna tai ns. puolisoljettuna tai jopa ns. puoliavoimena. Nämä kliiniseen käyttöön pesiytyneet nimitykset kuvastavat epätarkasti kiertoa lisätyn kantokaasun määrää. Siten esim. ns. lähes suljetussa käytössä kokonaiskantokaasuvirtaus on ihmisellä n. 2 l/min, ns. puolisoljettussa ehkä 3–4 l/min ja ns. puoliavoimessa 5–8 l/min. Eläimillä vastaavat määrät vaihtelevat suuresti eläimen koon mukaan. Ymmärrettävästi järjestelmä ns. lähessuljettuna vastaa ominaisuuksiltaan "rebreath-



Kuva 8-7. Kiertävä järjestelmä, joka tuorekaasuvirtauksen määrästä riippuen voi olla suljettu, lähes suljettu, puolisoljettu tai puoliavoin. Ylimääräventtiili on tällöin vastaavasti suljettu tai lisääntyvästi avattu.

ing"-järjestelmää, mutta ns. puoliavoimena jo enemmän "non-rebreathing"-järjestelmää, vaikka takaisinhengitystä jonkin verran tapahtuisikin.

Yleensä ihmispotilailla käytetään kiertävissä järjestelmissä edelleenkin, lähinnä "vanhasta tottumuksesta" turhan suuria virtauksia ja näin menetetään "rebreathing"-järjestelmän käyttöön liittyviä etuja. Eläinpuolella ovat yleisimmin käytössä "non-rebreathing"-järjestelmät henkilökunnan ja valvonnan puutteen takia. Puoliavoin järjestelmä sopii hyvin eläinpuolelle eikä vaadi kovin paljon ylimääräistä valvontaa.

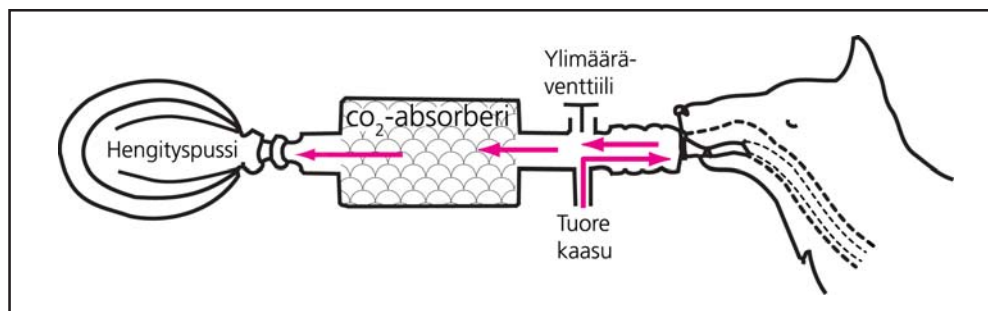
Ylimääräkaasun poistoventtiili tulisi sijoittaa uloshengityspuolelle ennen hengityspussia ja hiilidioksidiabsorberia, koska näin vähennetään absorberin kuormitusta. Kantokaasuvirtaus anestesia-laitteesta taas tulisi samoista syistä sijoittaa kierron sisäänhengityspuolelle. Kiertävät järjestelmät tulee mitoittaa potilaan kokoa vastaaviksi. Jos näin menetellään, voidaan kiertävää järjestelmää pitää erittäin käyttökelpoisena, joka joustavasti sallii takaisinhengityksen estäviin ja salliviin järjestelmiin liittyvien etujen hyödyntämisen potilaasta riippuen.

Myös eläimen koko vaikuttaa hengitysjärjestelmän valintaan: suurilla eläimillä (esim. HEVOSET) avoimen järjestelmän käyttö olisi erittäin kallista, hyvin pienillä eläimillä (esim. KISSAT, pienet KOIRAT, JYRSIJÄT, LINNUT) taas liian suuri vastus estää kiertävän järjestelmän käytön.

Ns. **to-and-fro-järjestelmät** (edes-taasjärjestelmät) muistuttavat toimintaperiaatteiltaan suuresti kiertäviä järjestelmiä (kuva

8-8). Siten niitäkin kantokaasuvirtauksen mukaan voidaan joustavasti käyttää joko "lähessuljettuina" tai puoliavoimina. Ero on kuitenkin nimen mukaisesti se, ettei kaasu kierrä vaan kulkee edestakaisin absorberin kautta. Tämä varmistaa erittäin tehokkaan hiilidioksidin poiston. Sisäänhengitysilman lämmitys ja kostutus tapahtuvat myös tehokkaasti, koska absorberin sijaitsee hengitysteiden välittömässä läheisyydessä. Muina etuina kiertävään systeemiin verrattuna ovat vähäisempi virtausvastus, yksinkertaisempi rakenne ja helpompi kuljetettavuus. To-and-fro-järjestelmä sopiikin lähes kaikenkokoisille potilaille (aivan pienimpiä lukuun ottamatta), kunhan absorptiokanisterin koko valitaan sopivaksi. Järjestelmän haittana on kuitenkin sen kömpelyys absorberin sijainnin takia. Ainakin ihmispotilaita nukutettaessa se on joutunut kiertävän järjestelmän syrjäyttämäksi.

Ns. **puoliavoimet järjestelmät** eli Maplesonin järjestelmät ovat "non-rebreathing"-järjestelmiä ilman takaiskuventtiiliä ja ilman kemiallista hiilidioksidin poistoa. Tämän vuoksi hiilidioksidin poistosta joudutaan huolehtimaan järjestämällä kantokaasuvirtaus niin suureksi, että se huuhtoo hiilidioksidin pois järjestelmästä. Riippuen ylimääräkaasun poistoventtiilin, kantokaasuvirtauksen ja hengityspussin keskinäisestä sijainnista hiilidioksidin huuhtomiseen vaadittava kantokaasun määrä vaihtelee. Tämän perusteella Mapleson onkin jakanut nämä järjestelmät neljään luokkaan, joista käytetään nimitystä Mapleson A, B, C ja D.



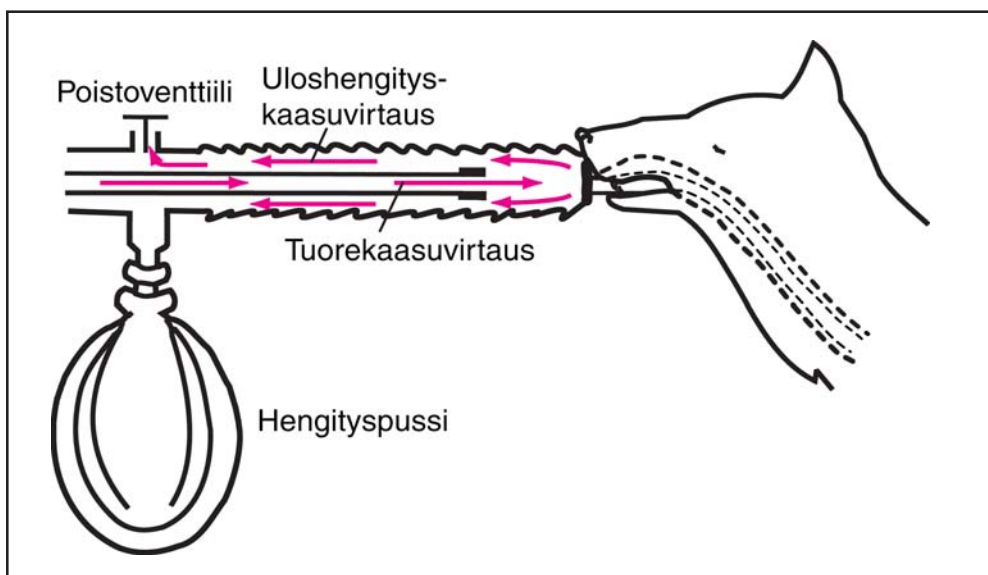
Kuva 8-8. Ns. to-and-fro-hengitysjärjestelmä.

Mapleson A -järjestelmä, jota kutsutaan tavallisemmin nimellä "Magill attachment", huuhtoo tehokkaasti hiilidioksidia spontaanihengitystä käytettäessä. Tämä johtuu siitä, että tuorekaasuvirtaus ohjataan järjestelmään hengityspussin ja poistolämpän takaa. Siten spontaanihengityksen yhteydessä potilaan hengittäessä ulos kuolleen tilan kaasun ja tuorekaasuvirtauksen kohdatessa paine järjestelmässä kohoaa ja pussi täyttyy tuorekaasulla. Paineen edelleen kohotessa poistolämpä aukeaa ja alveoli-ilma huuhtoutuu pois järjestelmästä. Jos tuorekaasuvirtaus on riittävän korkea, huuhtoutuu myös kuolleen tilan ilma pois, joskaan tällä ei juuri ole merkitystä hiilidioksidin poiston kannalta. Mapleson A:ssa riittääkin alveoliventilaatiota vastaava tuorekaasuvirtaus huuhtomaan hiilidioksidin, joskin kliinisessä työskentelyssä ehkä on varmempia käyttää hengityksen minuuttitilavuutta vastaavaa tuorekaasuvirtausta. Tekohengitystä käytettäessä hiilidioksidin huuhtoutuminen sen sijaan on varsin tehotonta, koska poistolämpä aukeaa sisäänhengityksen aikana ja alveoli-ilmaa kertyy letkuun uloshengityksen yhteydessä. Järjestelmää ei tulisi käyttää tekohengityksen yhteydessä.

Mapleson B:ssä tuorekaasuvirtaus on sijoitettu poistolämpän ja hengityspussin väliin, välittömästi poistolämpän taakse. Tällä järjestelyllä pussiin ja letkuun kertyy niin tuorekaasua, kuolleen tilan ilmaa kuin alveoli-ilmaakin ja poistolämpän auetessa järjestelmästä poistuu sekä tuorekaasua että alveoli-ilmaa. Mapleson B huuhtoo siten huomattavasti tehottomammin hiilidioksidia kuin Mapleson A, ja hiilidioksidin riittävään poistoon tarvitaankin kaksinkertaista minuuttitilavuutta vastaava tuorekaasuvirtaus. Mapleson B:n huuhtomiskyky on kuitenkin riippumaton hengitystyyppistä.

Mapleson C vastaa Mapleson B:tä, mutta hengitysetku on lyhyempi. Siten hiilidioksidin huuhtomiskyky edelleen huononee hieman. Järjestelmä on kuitenkin kevyempi ja ehkä siten hieman kätevämpi. Sen erottaminen omaksi luokakseen tuntuu kuitenkin hieman keinotekoiselta.

Mapleson D:ssä tuorekaasuvirtaus on lähellä potilasta kuten edellisissäkin, mutta poistolämpä on hengityspussin vieressä. Tämä muutos aiheuttaa sen, että tekohengitystä käytettäessä poistolämpästä huuhtoutuu lähes pelkästään alveoli- ja kuolleen tilan ilmaa. Järjestelmä soveltuu siis hyvin tekohengityksen kanssa käytettäväksi ja



Kuva 8-9. Bainin koaksiaaliletkustossa tuorekaasu ohjataan letkun sisällä olevaa ohutta letkua pitkin liitokseen.

vaatii silloin hengityksen minuuttitulavuutta vastaavan tuorekaasuvirtauksen. Spontaanin hengityksen yhteydessä järjestelmä käytetään yhtä arvaamattomasti kuin Mapleson A teko hengityksen yhteydessä, ts. poistuvan kaasun koostumus riippuu kertahengitystilavuudesta ja uloshengitystä seuraavan tauon pituudesta. Mapleson D:tä ei siten tulisi käyttää spontaanin hengityksen yhteydessä.

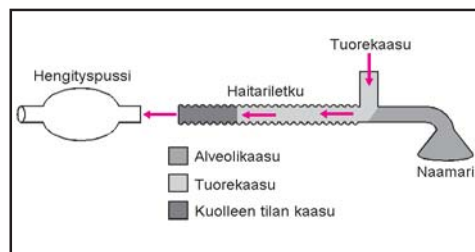
Mapleson-järjestelmissä vastus on vähäinen ja ne soveltuvatkin siten lähinnä "pienille", alle 5–10 kg:n potilaille. Muina etuina voidaan mainita keveys, kätevyys, luotettava toiminta ja halpuus. Ne ovat lisäksi helposti puhdistettavissa. Haittana on kuitenkin se, että vaikka järjestelmät sinänsä kuuluvat "non-rebreathing"-järjestelmiin, pyrkii takaisinhengitystä ja hiilidioksidin kertymistä kuitenkin helposti tapahtumaan. Tosin hyvin kevyillä potilailla tämä ei ole ongelma, koska tällöin voidaan helposti käyttää hengityksen minuuttitulavuutta moninkertaisesti vastaavia tuorekaasuvirtauksia ja siten varmistaa hiilidioksidin poistuminen.

Ns. **Bainin järjestelmän** voidaan myös katsoa kuuluvan näihin hengitysjärjestelmiin. Tässä järjestelmässä tuorekaasuvirtaus on ohjattu erillisellä ohuella letkulla uloshengitysletkun sisällä lähelle potilasta ja poistoläppä sijaitsee hengityspussin vieressä (kuva 8-9). Sijoittelu muistuttaa siten suuresti Mapleson D -järjestelmää, joten hiilidioksidin huuhtoutumisen luulisi olevan varsin samankaltaista. Suoritettujen mittausten perusteella näyttäisi siltä, että teko hengitystä käytettäessä 70 ml/kg tuorekaasua riittäisi huuhtomaan hiilidioksidin. Spontaanin hengityksen yhteydessä suositetaan kuitenkin käytettäväksi 200–300 ml/kg tuorekaasua, siis määrää, joka vastaa kaksin-kolminkertaista hengityksen minuuttitulavuutta. Bainin järjestelmän etuina on myös markkinoitu tuorekaasun lämpenemistä, järjestelmän keveyttä, käytännöllisyyttä ja yksinkertaisuutta.

Ns. **Jackson-Reesin** Ayren T-putkimuunnelma on Suomessa vastasyntyneiden anes-

tesiaassa eniten käytetty hengitysjärjestelmä (kuva 8-10). Se eroaa alkuperäisestä järjestelmästä siinä, että uloshengitysletkun päähän on liitetty päästä avoin 500 ml:n hengityspussi. Tämä sallii hengitysliikkeiden havainnoinnin spontaanin hengityksen aikana ja helpomman siirtymisen teko hengityksen käyttöön. Järjestelmän etuina ovat yksinkertaisuus, vähäinen vastus ja pieni kuollut tila. Tuorekaasuvirtausten täytyy kuitenkin tässäkin järjestelmässä olla noin kolminkertaisia potilaan hengityksen minuuttitulavuuteen verrattuna, joten se soveltuu vain keveiden potilaiden nukuttamiseen. Järjestelmästä käytetään myös nimitystä Mapleson E.

Kaikille edellä esitetyille, ns. puoliavoimille järjestelmille on siis luonteenomaista se, että hiilidioksidia aina liikkuu vaihtelevia määriä edestakaisin letkustossa. Täten hengitystilavuuden muutokset eivät kovin paljon vaikuta alveoli-ilman (ja veren) hiilidioksidipitoisuuteen, vaan se määräytyy pääasiallisesti tuorekaasuvirtauksen huuhtomisvaikutuksen mukaiseksi. Siten, jos tuorekaasuvirtaus on "oikea", säilyy hiilidioksiditaso verrattain "oikeana", huolimatta mahdollisesta hyperventilaatiosta. Tekohengitystä käytettäessä tämä on tietysti etu ja vähentää hengityksen tilavuuden valvontatarvetta. Ongelmana on vain se, että "oikean" tuorekaasuvirtauksen löytäminen erikokoisille potilaille on vaikeaa. Yksinkertaistaen voisikin ehkä sanoa, että näitä järjestelmiä käytettäessä vältetään ilman valvontalaitteita suuret muutokset hiilidioksiditasapainossa, mutta ei toisaalta juuri koskaan olla aivan tasapainossakaan.

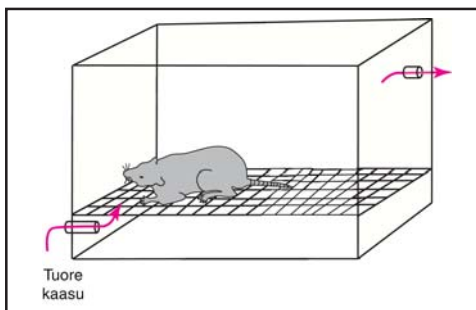


Kuva 8-10. Jackson-Reesin hengitysjärjestelmä.

Anestesiakammiot (anestesiakuvut) (kuva 8-11) edustavat ns. **avointa hengitysjärjestelmää** (kuva 8-12), jossa ei tapahdu takaisinhengitystä eikä ole hengityspussia. Niitä käytetään lähinnä LABORATORIOELÄINTEN anestesoimiseen. Kupu voidaan asettaa aggressiivisen potilaan päälle jo häkissä. Kuvun tulee olla läpinäkyvä, jotta hengityksen esteettömyyttä voidaan valvoa. Kuvun tulee olla niin suuri, että eläin mahtuu sinne esteettömästi kyljelleen, mutta ei suurempi, jottei induktio hidastu tarpeettomasti eikä eläin vaurioita itseään mahdollisen kiihotusvaiheen aikana. Yleensä tuorekaasuvirtaus 5 l/min on riittävä. **Hapen** johtaminen kupuun ennen aloitusta on aiheellista ainakin silloin, kun induktioon käytetään myös **typpioksiduulia**. Typpioksiduulijouduttaa induktiota. Kuvun haittana on huoneilman huomattava saastuminen, ellei voida työskennellä vetokaapissa. Kupuinduktion jälkeen eläin on yleensä intuboitava, ja anestesiaa jatkettava muuta hengitysjärjestelmää käyttäen.

Kaasunpoistojärjestelmät

Kaasunpoistojärjestelmät liittyvät sikäli läheisesti hengitysjärjestelmiin, että nykykäsityksen mukaan niitä pidetään välttämättöminä työskentelytilojen anestesia-kaasusaasteen torjumiseksi. Tosin on muistettava, että kroonisen altistumisen epäiltyjä haittoja ei ainakaan toistaiseksi ole pystytty sitovasti osoittamaan. Yleisin tapa on poistaa kaasut leikkaussalista ulkoilmaan injektoriperiaatteeseen perustuvan poistoimun avulla. Menetelmän



Kuva 8-11. Anestesiakammio.

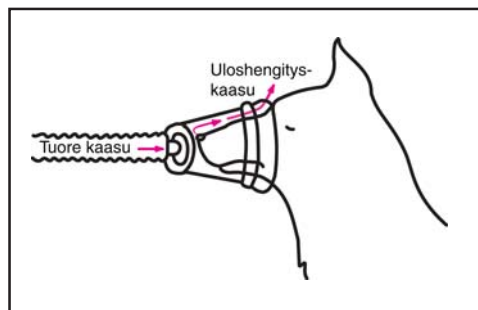
mielekkyyttä tosin voidaan pitää kyseenalaisena, kun otetaan huomioon ilmakehän nykyinen kuormittuminen erilaisilla teollisuusaasteilla. Poistojärjestelmän rakenne on esitetty kuvassa 8-13. Poistojärjestelmässä käytettävä imu ei saa kohdistua uloshengitysenttiiliin, koska venttiilin toiminta häiriintyy. Poistojärjestelmä ei kuitenkaan takaa saasteettomia työtiloja, koska anesteettia kuitenkin leviää ympäröivään ilmaan. Lisätoimina tulee käyttää tehokasta tuuletusta ja kiertävää ja mahdollisimman suljettua hengityskaasujärjestelmää. Mahdollisimman pienten kantokaasuvirtausten käyttö on myös taloudellisesti kannattavaa.

Anestesiakoneen valinta

Käytännön näkökohtia

Tavallisin ratkaisu on pyörillä kulkeva kärry, jossa on tasoja ja laatikoita lisälaitteita ja tarvikkeita varten. Usein käytetään myös pyörillä kulkevaa erillistä pöytä-laattikoyhdistelmää, ns. anestesiapöytää lisätarvikkeita varten. Tällaisen pyörillä kulkevan kärryn etuna on helppo liikuteltavuus ja se, että siihen voidaan vaivatta liittää kaikki tarvittavat hengitysjärjestelmät. Haittana on taas melkoinen tilantarve. Anestesiakaasu ja sähköjohdot on tällaiseen kojeeseen syytä liittää kattovarresta, jotta ne eivät kulkisi pitkin lattiaa tai muuten häiritsisi liikkumista.

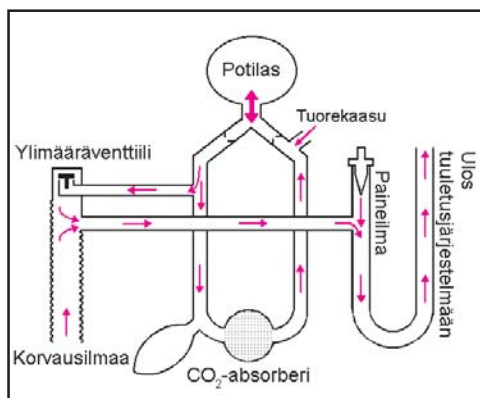
Käytössä on myös katosta erilaisten varsiratkaisujen varassa riippuvia anestesiako-



Kuva 8-12. Avoin hengitysjärjestelmä.

neita. Näiden etuna on se, että kaikki letkut ja johdot saadaan keskitettyä varteen, haittana taas huonompi liikuteltavuus ja varsiratkaisujen vaativuus. Näyttäisikin siltä, että valvontalaitteiden käytön lisääntyneenä viime vuosina ihmispotilaita nukutettaessa nämä ratkaisut ovat väistymässä huolellisesti suunnitellun, ns. työaseman tieltä. Näissä työasemissa kukin laite on pyritty sijoittamaan puolikaaren käsittelyn ja valvonnan kannalta optimaaliselle kohdalle.

Polikliinisessa työskentelyssä ja induktiotoiloissa käytetään myös paljon seinäkis-



Kuva 8-13. Kaasunpoistojärjestelmä. Kaasunpoisto tapahtuu uloshengitysventtiilistä kaasunpoistoputkeen ja sitä tietä tuuletusjärjestelmän kautta ulos. Kaasun kulku saadaan aikaan injektoriperiaatteella.

koihin kiinnitettyjä anestesiakoneita. Nämä ovatkin erittäin käytännöllisiä silloin, kun koneita ei juuri tarvitse liikutella ja voidaan käyttää keveitä ja yksinkertaisia, lähinnä siis edellä kuvattuja ns. puoliavoimia hengitysjärjestelmiä. Tämän ratkaisun etuna on myös se, että tällainen seinäkiskoon kiinnitettävä kone voidaan helposti koota hyvin yhteen sopivista perusosista ja osia voidaan tarpeen mukaan vaihdella. Tämä ratkaisumalli tuntuisikin varsin sopivalta pieneläin-anestesioidiin, mutta lienee liian yksipuolinen, jos potilaiden koko, ja siten tarvittavien hengitysjärjestelmien määrä, on kovin vaihteleva.

On tärkeätä valita perusosat niin, että ne muodostavat hyvin toimivan kokonaisuuden. Erittäin "virtaviivainenkin" perusosa on huono, ellei se sovellu kokonaisuuteen. Osia tulee myös voida vaihtaa helposti ja laitetta tulisi voida täydentää tarpeen niin vaatiessa. Olennaisten lisätarvikkeiden sijoittelu koneeseen tai sen välittömään läheisyyteen tulee myös harkita. Työskentelytila, vaikka yksinkertainenkin, tulisi kaiken kaikkiaan laatia ergonomisesti oikein.

Ihmistyöskentelyssä nykyään tärkeäksi koetut valvontalaitteet on syytä ottaa käyttöön yhä enenevässä määrin myös eläinpotilaita hoidettaessa. Periaatteessahan eläinpotilaidenkin tulisi saada mahdollisimman miellyttävä ja turvallinen anestesia.

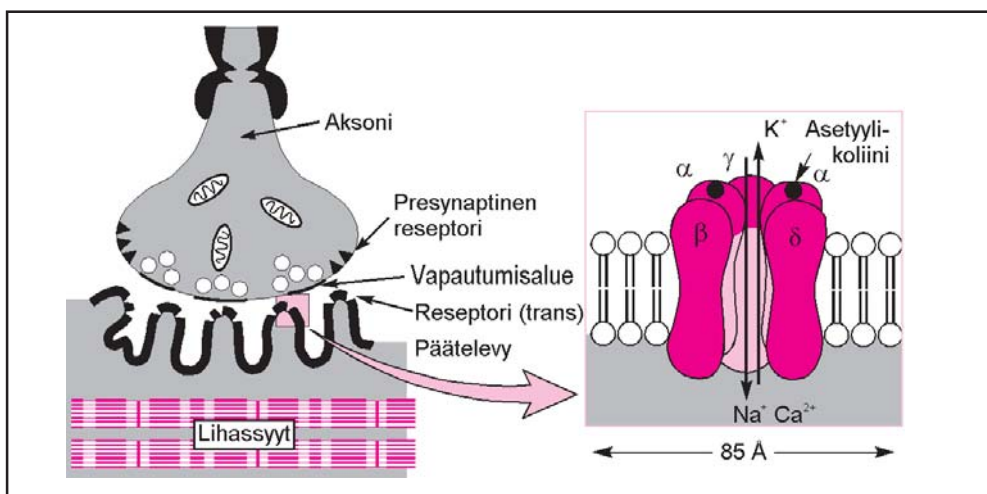
9. Lihasrelaksantit

Outi Vainio

Lihasrelaksantteja käytetään eläinestesiologiassa melko vähän ihmisnukutuksiin verrattuna. Yleisin eläinlääkinnän lihasrelaksantti lienee sentraalisesti vaikuttava **guaifenesiini**, jota käytetään HEVOSEN anestesian induktiossa. Syitä lihasrelaksanttien vähäiseen käyttöön on useita. Ihmisten intubointi ilman lihasrelaksantteja on vaikeaa. Eläinten intubointi taas on suhteellisen helppoa yksittäisiä poikkeuksia lukuun ottamatta. Mekaanisia ventilaattoreita eli hengityskoneita ei yleensä ole eläinlääkärien käytössä muualla kuin hyvin varustetuilla vastaanotoilla tai eläinsairaaloissa. Hengityskoneen puuttuminen estää spontaanin hengityksen lamaavien perifeerisesti vaikuttavien lääkkeiden käytön. Teknisen varustuksen lisäksi lihasrelaksanttien käyttäminen vaatii ammattitaitoista ja asiaan koulutettua henkilökuntaa, jota ei eläinklinikoilla aina ole tarpeeksi leikkausta avustamassa.

Lihasrelaksantteja käytetään eläimillä suurta tarkkuutta vaativien toimenpiteiden

yhteydessä, kuten silmän- ja kallonsisäisissä operaatioissa, joissa ehdoton liikkumattomuus on onnistumisen edellytys. Jos toimenpiteessä tarvitaan tavanomaista parempaa lihasrentoutta, kuten vaikeasti paikaltaan siirtyneiden tai sijoiltaan menneiden luiden paikalleen asettamisessa, lihasrelaksantit helpottavat työn suorittamista. Tilanteissa, joissa rintaontelo avataan, hengitystä on ylläpidettävä mekaanisesti ja lihasrelaksantit estävät eläintä taistelemasta koneen säättämää hengitysrytmiä vastaan. Eläinsairaaloiden tehohoito-osastoilla voi olla potilaita, jotka ohimenevästi tarvitsevat hengityksen koneellista ylläpitoa. Myös nämä eläimet rauhoitetaan ja niille annetaan lihasrelaksantteja. Muuna käyttöaiheena on ollut villieläinten immobilisointi i.m. annostellulla lihasrelaksantilla, mutta nykyään markkinoilla on uusia lääkeaineita, jotka ovat siihen tarkoitukseen sekä tehokkaampia että turvallisempia. Laboratorioissa lihasrelaksantteja joskus käytetään koe-eläinten lopettamiseen. Koe-eläimet nukutetaan en-



Kuva 9-1. Hermo-lihasliitoksen rakenne sekä lihaksen päätelevyn (postjunktionaalinen) asetylikoliinireseptori.

sin tavanomaisilla anestesia-aineilla ja lihasrelaksantti annetaan vasta täysin tajuttomalle eläimelle.

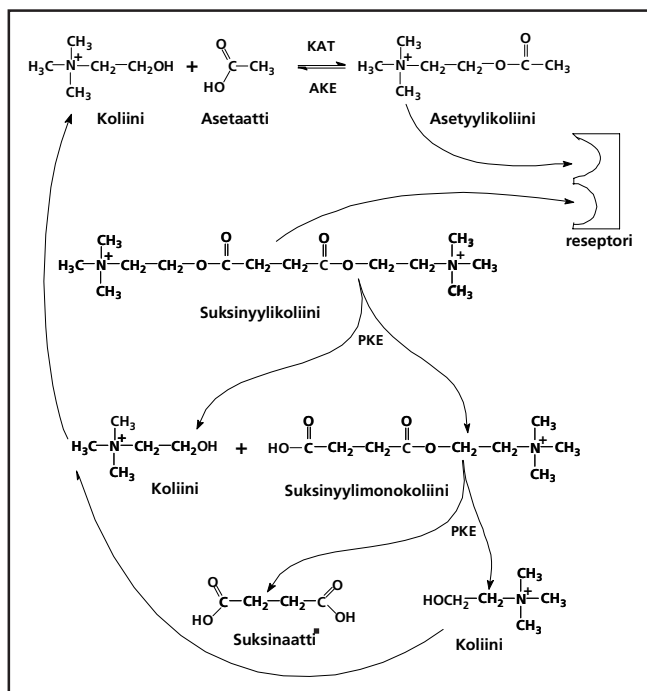
Asetyylikoliini hermo-lihasliitoksen välittäjäaineena

Asetyylikoliini toimii pääsiallisena välittäjäaineena hermo-lihasliitoksissa. Hermo-lihasliitoksia on paljon hienomotoriikan alueilla toimivissa lihaksissa, kuten silmän liikuttajalihaksissa, joissa yksi hermosäie hermottaa suunnilleen yhtä lihassyötä. Karkeasti toimivissa pallealihaksessa ja kylkiluiden välilihaksissa on vähän hermo-päätteitä. Asetyylikoliini on suurimmaksi osaksi varastoituneena presynaptisten hermopäätteiden pieniin rakkuloihin. Näistä rakkuloista vapautuu jatkuvasti pieniä määriä asetyylikoliinia synapsirakoon, vaikka hermolihasliitos on lepotilassa. Näin

syntyvä vähäinen spontaani jännite (miniature end plate potential, MEPP) on kuitenkin liian pieni aiheuttamaan lihassupistusta. Kun oikea aktiopotentiaali saavuttaa hermopäätteen, se vapauttaa suuret määrät asetyylikoliinia synapsirakoon, josta se kulkeutuu nopeasti lihaksen päätelevyissä sijaitseviin asetyylikoliinireseptoreihin. Nämä ns. nikotiiniset asetyylikoliinireseptorit muodostuvat viidestä sylinterin muotoon asettuneesta proteiiniyksiköstä. Näistä kaksi on samantyyppistä α -yksikköä, muut ovat β -, δ - ja ϵ - (vastasyntyneellä γ -) yksiköt (kuva 9-1). Kun molempiin α -yksiköihin on kiinnittynyt asetyylikoliinimolekyylille, reseptorin keskelle avautuu ionikanava, joka pysyy avoimena noin 1 ms. Ionikanava läpäisee pääasiassa kationeja; Na^+ ja Ca^{2+} kulkeutuvat lihassolun ulkopuolelta sisään ja K^+ solun sisältä ulos.

Natriumionien riittävä sisäänvirtaus (tarpeeksi monta reseptoria auki yhtä aikaa) lihassoluun aiheuttaa depolarisaation, joka kestää 0,2–0,4 ms. Hermo-lihaspäätteen kohdalta alkanut depolarisaatio leviää sarkoplasmista tubulaarista systeemiä ja sarkolemmaa pitkin koko lihassyhyyn. Lihassolun kalvostojen depolarisaation seurauksena taas kalsiumia vapautuu varastointikohdistaan sarkoplasmisesta retikulumista sarkoplasmaan. Kalsiumpitoisuuden nousu sarkoplasmassa aikaansaa myosiinin ja aktiinin välisen reaktion, joka aiheuttaa lihassupistuksen.

Asetyylikoliiniesteraasi on entsyymi, joka hajottaa asetyylikoliinin nopeasti, n. 1 ms:ssa, koliiniksi ja asetaatiksi (kuva 9-2). Kun asetyylikoliini on poistunut, ionikanavat sulkeutuvat ja solukalvon potentiaalierot palautuvat lähtötasolle (repolarisaatio). Lihass-



Kuva 9-2. Kuvan yläosassa asetyylikoliinin synteesi (KAT = koliiniasetyyli transferaasi) ja hajoaminen (AKE = asetyylikoliiniesteraasi). Kuvan alaosassa **suksametoniin** (suksinyylikoliinin) kaksivaiheinen hajoaminen pseudokoliiniesteraasin (PKE) vaikutuksesta. Huomaa molempien kilpailu kolinergisessä reseptorissa sekä koliinin kiertokulku.

solu palautuu lepotilaan. Koliiniesteraaseja on hermoissa ja kaikkialla hermolihaspääteissä, mutta myös punasoluissa, verihiutaleissa ja plasmassa. Normaalioloissa yksi koliiniesteraasimolekyylillä hajottaa satoja tuhansia asetyylikoliinimolekyyliä minuutissa.

Lihasselaksanttien vaikutusmekanismit

Kliinisessä käytössä olevat lihasrelaksantit jaetaan vaikutuspaikkansa mukaisesti kahteen ryhmään: perifeerisesti ja sentraalisesti keskushermostoon vaikuttavat. Perifeeriset lihasrelaksantit muodostavat kaksi erilaista vaikutusmekanismiin perustuvaa alaryhmää: 1) depolarisoivat ja 2) nondepolarisoivat eli kompetitiiviset lihasrelaksantit. Aminoglykosidiryhmän antibiootit ja organofosfaatit potentioivat lihasrelaksanttien vaikutusta, joten on syytä varmistua potilaan muusta lääkityksestä ennen lihasrelaksanttien käyttöä.

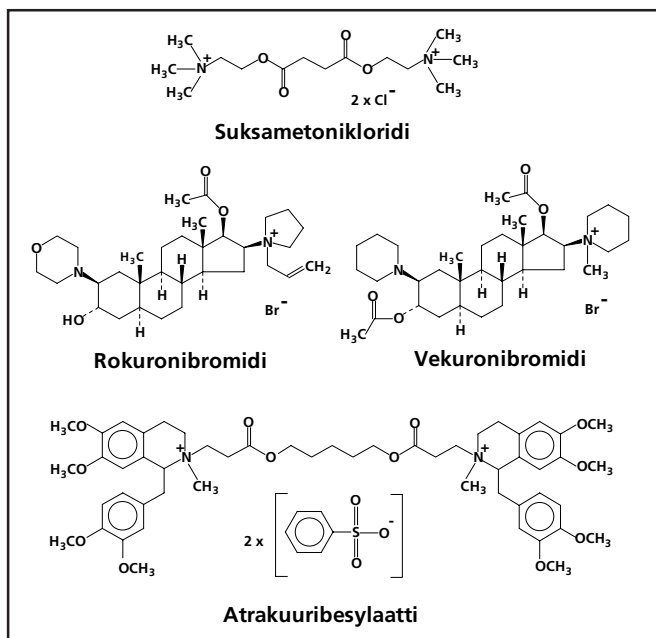
Depolarisoivat lihasrelaksantit

Suksametonin eli **suksinyylikoliini** (Sukolin®) on ainoa käytössä oleva depolarisoiva lihasrelaksantti. Se muistuttaa kahta asetyylikoliinimolekyyliä, jotka ovat liittyneet toisiinsa (⇒ kuvat 9-2 ja 9-3). Suksametonimolekyylillä kiinnittyy (postjunktionaaliseen) asetyylikoliinireseptoriin aiheuttaen normaalin ionikanavan aukeamisen ja sitä seuraavan depolarisaation. Asetyylikoliiniesteraasi (AKE) ei pysty pilkkomaan suksametonin. Sen vuoksi asetyylikoliinireseptorit pysyvät salpautuneina sekä lihassolut jatkuvasti depolarisoituneina ja siten toimintakyvyttöminä. Kliinisesti tämä näkyy lihasrelaksaationa. Veressä on kiertävää plasman koliiniesteraasia eli pseudo-koliiniesteraasia (PKE), joka

hajottaa suksametonimolekyylin koliiniksi ja suksinyylimonokoliiniksi (kuva 9-2). Tämä hajoaa edelleen suksinaatiksi ja koliiniksi. Pilkkomista varten suksametonimolekyylien täytyy siirtyä hermo-lihasliitoksesta verenkiertoon.

Suksametonin annostelun jälkeen lihasrelaksaatio kehittyy noin 1 minuutissa ja se kestää noin 6–13 minuuttia. Ennen varsinaista lihasrelaksaatiota nähdään lihasten hallitsematonta värinää, faskikulaatiota. Oletetaan, että tässä vaiheessa suksametonimolekyyli kiinnittyy hermopääteissä oleviin (prejunktionaalisiin) reseptoreihin. Tämä kiinnittyminen lisää asetyylikoliinin erittymistä synapsirakoon, jossa liian suuri määrä kolinergisiin reseptoreihin kiinnittyviä molekyylejä aiheuttaa tetaanista ärsytystä muistuttavan tilan. Lihäsvärinät voivat olla hyvin kivuliaita potilaan heräämisvaiheen aikana. Myös seerumin kaliumpitoisuus saattaa nousta.

Lihäsvärinöitä ja nukuksen jälkeistä kipua voidaan huomattavasti vähentää, jos suoritetaan ns. prekurarisatio muutama minuutti ennen suksametonin antamista. Prekurarisatio tarkoittaa, että potilaalle



Kuva 9-3. Eräiden lihasrelaksanttien rakennekaavoja.

annetaan pieni määrä nondepolarisoivaa lihasrelaksanttia, joka salpaa hermopäätteessä sijaitsevat prejunktionaaliset kolinergetiset reseptorit. Prekuraatioon käytetään yleensä uudempia nondepolarisoivia lääkkeitä, kuten **vekuronia**.

Suksametonikloridin vaikutukset verenkiertoelimistöön ovat vaihtelevia: pulssi voi nousta tai laskea, verenpaine usein nousee, mutta erityisesti **KISSOILLA** se yleensä ensin laskee. **Atropiini** esilääkitys estää pulssin ja verenpaineen laskun. Eläinlajeista **HEVONEN**, **SIKA** ja **KISSA** tarvitsevat suhteellisen suuria suksametoniannoksia, **KOIRA**, **NAUTA** ja **LAMMAS** ovat paljon herkempiä. Suksametoni sopii käytettäväksi tilanteissa, joissa tarvitaan nopeaa lyhytaikaista lihasrelaksaatiota, kuten intubaatiossa tai luitten ja nivelten repositiiossa. Yliannostus ilmenee pitkittyneenä lihasrelaksaationa ja hengityspysähdysenä.

Nondepolarisoivat lihasrelaksantit

Nondepolarisoivat lihasrelaksantit kiinnittyvät postjunktionaalisiin asetyylikoliinireseptoreihin ja estävät näin asetyylikoliinin pääsyn reseptoriin. Kun nondepolarisoiva lihasrelaksantti on kiinnittynyt reseptoriin, se estää reseptorin aktivoitumisen ja sitä seuraavan lihassolun depolarisaation hermoimpulssin saapuessa hermolihaskuitukseen. Kun lihasrelaksanttimolekyylit poistuu reseptorista, vapautuneen reseptorin valtaamisesta kilpailevat sekä uudet lihasrelaksanttimolekyylit että asetyylikoliinimolekyylit. Siten kyseessä on kompetitiivinen antagonismi. Tästä johtuen nondepolarisoivia lihasrelaksantteja kutsutaan myös kompetitiivisiksi lihasrelaksanteiksi.

D-Tubokurariini eli **kurare** on tämän ryhmän tyypillinen. Se ei enää ole kliinisessä käytössä, vaan sen merkitys on historiallinen. Etelä-Amerikan intiaanit ovat vuosisatoja valmistaneet trooppisen köynnöksen kuoresta ja lehdistä nuolimyrkyä, joka lamauttaa uhrin liikuntakyvyttömäksi. D-tubokurariinin vaikutus alkaa ilman kivuliaita lihasvärinöitä noin 2–3 minuutissa ja kestää 35–40 minuuttia useimmilla eläinlajeilla. D-tubokurariini saattaa vapauttaa histamiinia elimistöstä sekä aiheuttaa verenpaineen laskun salpaamalla autonomisia ganglioita.

Taulukko 9-1. Joidenkin depolarisoivien ja nondepolarisoivien lihasrelaksanttien annoksia eri eläinlajeille. Tarkemmat tiedot lääkkeiden käytöstä tekstissä ja kirjallisuusviitteissä.

Eläinlaji	Keskimääräinen i.v.-annos (µg/kg)	Vaikutuksen kesto (min.)
Suksametoni (Sukolin®)		
Koira	300–400	22–29
Kissa	3000–5000	4–6
Hevonen	330	6–13
Nauta	20	6–8
Sika	750–2000	1–3
Atrakuuri (Atracurium®)		
Koira	200–400	17–29
Kissa	250	29
Hevonen	70–85	2–12
Sika	500–2500	10–60
Rokuroni (Esmeron®)		
Koira	400	20
Kissa	600	11–16
Hevonen	400	minuutteja
Vekuroni (Norcuron®)		
Koira	14–200	15–20
Kissa	24–40	5–9
Hevonen	100	20–40
Sika	100–200	5–20

Kliinisesti eniten käytettyjä nondepolarisoivia lihasrelaksantteja ovat synteettiset **atrakuuri** (Atracurium®), **mivakuuri** (Mivacron®), **pankuroni** (Pavulon®), **sisatrakuuri** (Nimbex®), **rokuroni** (Esmeron®) ja **vekuroni** (Norcuron®). Niiden vaikutus alkaa **D-tubokurariinia** nopeammin ja kestää lyhyemmän ajan, yleensä 20–30 minuuttia. Eläimillä käytetyt annossuosittelut on kerätty taulukkoon 9-1.

Elimistössä on mekanismeja, jotka varmistavat hermo-lihaspäätteiden riittävän toiminnan. Tarkoituksena on varmistaa elintärkeiden toimintojen, kuten hengityksen ylläpitäminen kaikissa olosuhteissa. Hermolihaskuituksessa on asetyylikoliinireseptoreita noin neljä kertaa enemmän kuin tarvit-

taisiin lihaksen normaaliin toimintaan. Myös nämä ”ylimääräiset” reseptorit pitää salpata lihasrelaksanteilla, ennen kuin kliininen lihasrentous saadaan aikaan. Kaikista asetyylikoliinireseptoreista 75 % täytyy saattaa toimintakyvyttömiksi, ennen kuin lihaksen normaali toiminta estyy. Kun 90 % reseptoreista on salvattu, kliininen lihasrelaksaatio on täydellinen. Myös lihasryhmien herkkyys lihasrelaksanteille vaihtelee. Ensimmäiseksi lamautuvat hienomotoriset silmien liikuttajalihakset sekä raajojen alaosien lihakset, viimeisenä hengityslihakset (kylkiluuvälilihakset ja pallea). Toimintojen palautuminen tapahtuu päivävastaisessa järjestyksessä.

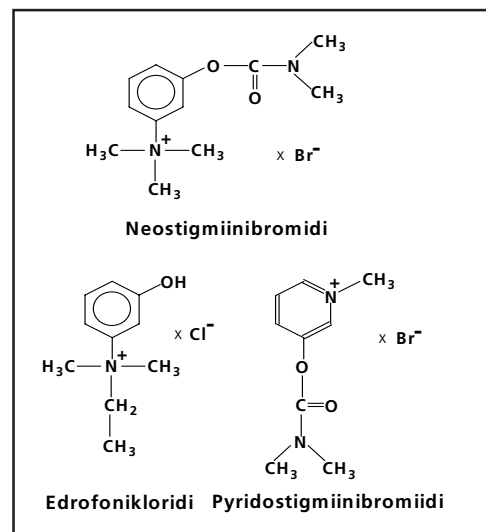
Nondepolarisoivien lihasrelaksanttien vastavaikuttajat

Antikoliiniesteraasit kiinnittyvät kolinieesteraasimolekyyleihin ja estävät niiden asetyylikoliinia hajottavan toiminnan. Kun asetyylikoliinia ei poistu synapsiraosta, sen määrä lisääntyy nopeasti ja asetyylikoliinimolekyylit alkavat kilpailla nondepolarisoivien lihasrelaksanttien kanssa reseptoripaikoista. Antikoliiniesteraasit eivät nopeuta lihasrelaksanttien hajoamista elimistössä vaan muuttavat reseptoritason kilpailutilanteen asetyylikoliinille edullisemmaksi.

Neostigmiini, **edrofony** ja **pyridostigmiini** (kuva 9-4) ovat eläimillä käytettyjä antikoliiniesteraaseja, joista neostigmiini on yleisin. **Neostigmiini** annetaan hitaasti laskimoon, jolloin vaikutus alkaa 7–10 minuutin kuluttua. Jos kliininen lihasrelaksaatio on täydellinen, sitä ei onnistuta kumoamaan neostigmiinillä. Jos relaksaatio kumotaan täydellisen hermo-lihassalpauksen aikana, potilaalle saattaa tulla ns. jälkirelaksaatio. Hyvän tehon saamiseksi viimeisestä lihasrelaksantin annosta pitäisi olla kulunut 20–30 minuuttia. **Edrofony** vaikuttaa nopeammin, huippuvaikutus saavutetaan 1–3 minuutissa. Tarkin annos pystytään antamaan, jos edrofony titrataan eläimen vasteita seuraten. **Pyridostigmiini** on eläinlääkinnässä vähän käytetty. Sen vaikutuksen

alkaminen kestää 10–15 minuuttia. Lyhytvaikutteisia lihasrelaksanteja käytettäessä hermo-lihasliitoksen salpauksen poistaminen antikoliiniesteraaseilla ei ole aivan välttämätöntä. Silloin hermo-lihasliitoksen toimimista on valvottava tarkasti potilaan kliinisten oireiden perusteella tai sähköstimulaation avulla.

Koska asetyylikoliinimäärä synapsiraosissa lisääntyy, kun tämän välittäjäaineen hajoaminen estetään, on kaikilla antikoliiniesteraaseilla muskariinisytyypisiä haittavaikutuksia. Ne aiheuttavat bradykardiaa, lisääntynyttä syljeneritystä, keuhkoputkien supistumista, ulostamista ja virtsaamista. Nämä haittavaikutukset voidaan ehkäistä käyttämällä antikolinergisiä aineita, joko **atropiinia** tai **glykopyrronia**. Keisarileikkauksen yhteydessä käytetään glykopyrronia, koska se vesiliukoisempina ei läpäise istukakalvoja eikä näin siirry sikiöön. Antikolinergit annostellaan samanaikaisesti antikoliiniesteraasin kanssa. Atropiinin annos on 40 µg/kg PIENILLE ELÄIMILLE, 10 µg/kg HEVOSSELLE ja 20 µg/kg NAUDALLE. Glykopyrronin annos PIENILLE ELÄIMILLE on 20 mg/kg. Käytännössä atropiini ja neostigmiini voidaan vetää samaan ruiskuun suhteessa 1:2. **Veuronin** muskariinisytyypiset haittavaikutukset ovat vähäisemmät kuin muilla nonde-



Kuva 9-4. Antikoliiniesteraasien rakennekaavoja.

polarisoivilla lihasrelaksanteilla. Sitä voi käyttää ilman antikolinergisiä aineita, jos niitä jostain syystä halutaan välttää.

Jälkikurarisatio saattaa tapahtua, jos antikoliiniesteraasien vaikutus menee ohi nopeammin kuin lihasrelaksanttien teho. Silloin jo kertaalleen poistetut lihasrelaksaation oireet ilmaantuvat uudelleen ja potilas voi altistua hengityskomplikaatioille.

Lihasselaksaation kliininen suoritus ja valvonta

Lihasselaksanteilla on suositusannoksensa (taulukko 9-1), mutta kliininen vaste vaihtelee eri eläinlajeilla ja saman lajin eri yksilöiden välillä. Myös anestesian yhteydessä käytetyt nukutusaineet vaikuttavat lihasrelaksanttien tehoon. Hengityksen kautta annosteltavat anesteetit (**halotaani** ja **isofluraani**) sekä **ketamiini** lisäävät lihasrelaksanttien vaikutusta. Kliinisillä annoksilla tämä ominaisuus puuttuu **propofolilta**, **opioideilta** ja **barbituraateilta**. Lihasselaksantteja saavat potilaat on aina intuboitava!

Lasketusta lääkemäärästä annetaan aluksi noin puolet hitaasti laskimoon. Keinotekoinen hengityksen ylläpitäminen on aloitettava tässä vaiheessa. Annosta lisätään 3–5 minuutin välein kliinisiä oireita seuraamalla haluttuun vaikutukseen saakka. Jos lihasrelaksanttien vaikutus loppuu ennenaikaisesti, sitä voidaan pidentää uudella injeksiolla, joka on noin 1/4 tai 1/3 alkuperäisestä annoksesta. Lihasselaksanteilla on kumulatiivinen vaikutus, lisäannoksilla on suhteellisesti pidempi vaikutus kuin ensimmäisellä annoksella.

Lihasselaksanteilla ei ole minkäänlaista kipua poistavaa vaikutusta. Lamautetulla eläimellä on normaali kivuntunto, vaikka se ei sitä pysty osoittamaan esim. liikkumalla. Ainoa osoitus kivusta voi olla sydämen lyöntitiheyden, verenpaineen ja hengitystiheyden kohoaminen.

Lihasselaksanttien vaikutuksen ilmaantumista, pysyvyyttä ja poistumista seurataan tarkoitusta varten valmistetuilla hermostimulaattoreilla. Kaksi elektrodia asetetaan jonkin helposti palpoitavan hermon kohdalle ihoon. KOIRALLA kynnärhermo sijaitsee sopivasti nahan alla kynnärtaipeen sisäpuolella, HEVOSELLA naamahermo ja pohjehermo ovat sopivia. Stimulaattori lähettää pieniä sähköimpulsseja, joiden taajuus, kesto ja tiheys ovat säädettävissä. Sähköimpulssien hermo-lihasliitoksessa tapahtuvaa kulkeutumista kuvaava käyrä piirretty paperille ja/tai monitorille. Näiden ns. monitorointivasteiden muodon muutoksista päätellään lihasrelaksaation määrä.

Heräämisvaiheessa on aina varmistuttava siitä, että eläin kykenee itse hengittämään ennen kuin se irrotetaan hengityskoneesta.

Keskushermostoon vaikuttavat lihasrelaksantit

Guaifenesiini eli **glyseryyliiguajakolaatti** (Myolaxin®) on erityisesti suurilla eläimillä käytetty, keskushermostoon vaikuttava lihasrelaksantti. Se ehkäisee selkäytimessä hermoimpulssin siirtymisen hermosolusta toiseen. Guaifenesiini poikkeaa depolarisoivista ja nondepolarisoivista lihasrelaksanteista siinä, että se ei lamaa hengityslihaksa eikä eläimiä sen vuoksi tarvitse kytkeä hengityskoneeseen. Toisaalta, sen lihaksia rentouttava vaikutus on selvästi edellä mainittuja huonompi. Lihasantouuden lisäksi guaifenesiini aiheuttaa lievän sedaation, mutta sillä ei ole kipua poistavaa vaikutusta.

Kliinisesti guaifenesiiniä käytetään lähinnä HEVOSTEN kaatamiseen yhdessä muiden lääkeaineiden kanssa. Käyttö on kuvattu luvussa 24.

Mefenesiini on guaifenesiinin kaltainen keskushermostoon vaikuttava lihasrelaksantti, mutta lukuisista haittavaikutuksista johtuen sitä ei enää käytetä eläinlääkinnässä.

10. Puudutteet

Marja Raekallio & Liisa Kaartinen

Puudutteet ovat lääkeaineita, joiden päävaikutuksena on väliaikainen ja palautuva hermosäikeiden ja -päätteiden halvaantuminen käytettäessä niin pieniä annoksia, ettei muita kudosvaikutuksia vielä ole. Tarkoituksena on estää tunto- ja kipuaistimuksen eteneminen aivoihin pysäyttämällä impulssin eteneminen periferiassa. Puudutteita voidaan käyttää pinnallisesti limakalvoille tai infiltroida pieniä määriä nahanalaisesti (infiltraatio- eli tiivistyspuudutus). Yksittäisiä hermoja voidaan puuduttaa johtopuudutuksella, jossa lääkeaine annostellaan lähelle hermorunkoa. Alueellisessa puudutuksessa puudute laitetaan epiduraali-, ekstraduraali- tai spinaalitilaan, paravertebraalisesti tai verityhjössä laskimoon. Hevoselle käytetään diagnostisia puudutuksia ontuman syyn selvittämiseen. Tällöin puudute ruiskutetaan esim. epäiltyyn niveleen tai hermon viereen. Kaloille saadaan aikaan yleisanestesia laittamalla kalat uimaan puudutetta (**trikaiini**, **bentsokaiini**) sisältävään veteen (luku 34).

Yleisiä ominaisuuksia

Puudutteet jaetaan ester- ja amidirakenteisiin. Ne ionisoituvat emästen tapaan (pKa 8–9). Puudutteiden happamat suolat (esim. hydrokloridit) ovat vesiliukoisia. Vaikutus eri hermotyyppeihin on selektiivinen ja vaikutusnopeus riippuu hermon koosta sekä sen myelinisaation ja aktivaation määrästä. Hermoissa on erilaisia hermosäikeitä, joiden herkkyys puudutteille vaihtelee. Ensimmäiset puudutukset ovat autonomiset hermot. Seuraavana häviää kiputunto, lämmön ja kylmän sekä kosketuksen aistiminen ja syväntunto. Viimeisenä häviää tonus luurankolihasista. Toipumisjärjestys on päinvastainen.

Taulukko 10-1. Puudutteilta toivottuja ominaisuuksia.

- Puuduttava ilman muita kudosvaikutuksia
- Ei saa aiheuttaa riippuvuutta
- Vesiliukoinen ja stabiili vesiliuoksessa
- Käyttöliuoksen pH lähellä neutraalia
- Ei ärsytä kudoksia
- Alhainen paikallinen toksisuus → ei ärsytä injektiokohtaa
- Hidas imeytyminen → systeeminen toksisuus pienenee ja vaikutusaika pitenee
- Systeemisesti annetun aineen nopea detoksifikaatio
- Yhdistettävissä adrenaliinin kanssa
- Ei aiheuta toipumisvaiheessa hyperestesia (lisääntynyttä tuntoherkkyyttä)
- Kestää kuumasteriloiminnin
- Edullinen hinta

Vaikutusmekanismi ja eliminaatio

Puudutteet estävät useiden erityyppisten ionikanavien toimintaa. Vaikutuksen kannalta olennaista on Na⁺-ionien virtauksen estyminen ja depolarisaatiokynnyksen suureneminen. Puudutteen täytyy tunkeutua aksonin sisään, jotta se voi kiinnittyä jännitteestä riippuvassa Na⁺-kanavassa olevaan reseptoriinsa (kuva 10-1).

Kudosten pH:sta johtuen puudute on elimistössä pääosin kationina. Ionittumaton muoto diffundoituu solukalvojen läpi aksoplasmaan ja sieltä vaikutuspaikalle ionikanavan sisäsuulle. Ionimuoto on aktiivinen ja reseptoriin sitoutuva. Tulehtuneella alueella pH laskee merkäeritteen vuoksi ja puudute ei tehoa, koska se ei ionittumisen takia pääse solukalvon läpi.

Epäspesifiset koliiniesteraasit veressä ja maksassa hydrolysoivat esterirakenteiset puudutteet. Hydrolyysituotteet joko eritty-

vät sellaisenaan tai metaboloituvat edelleen. Amidirakenteiset metaboloituvat maksassa. Hydrolyysi on vähäistä ja hidasta. Pääosin nämä amidirakenteiset puudutteet eliminoituvat N-dealkylaatiolla. Maksavika voi hidastaa metaboliaa. Osa puudutteista ja pääosa metaboliatuotteista erittyy munuaisten kautta virtsaan, jonka hapan pH edistää erittymistä.

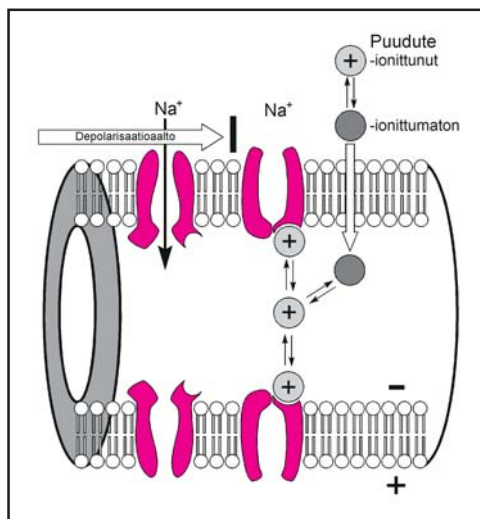
Haittavaikutukset

Puudutteiden haittavaikutukset johtuvat systeemisestä toksisuudesta tai yliherkkyysreaktioista. Puudutteita on varottava ruiskuttamasta suoneen. Jos suuri määrä puudutetta joutuu laskimoon tai valtimoon, siitä voi aiheutua sydämen johtumishäiriöitä ja pahimmassa tapauksessa kuolemaan johtava hengityshalvaus. Oikein tehty puudutus ei aiheuta puudutepitoisuuksien kohoamista veressä niin suureksi, että systeemisiä vaikutuksia ilmeneisi. Myrkytykset ja haittavaikutukset ovat harvinaisia, jos suositusannoksia ei ylitetä.

Puudutteiden toksisuus vaihtelee, mutta oireet ovat pääosin samanlaisia. Esterira-

kenteiset puudutteet aiheuttavat aluksi keskushermostostimulaation, joka ilmenee lihasvärinä ja levottomuutena, myöhemmin kloonisina (tahdottomasti nykivinä) kouristuksina. Amidirakenteiset – ja kiihtymysvaiheen jälkeen myös esterirakenteiset – puudutteet aiheuttavat depression ja lopulta kuolema aiheutuu hengityksen pysähtymisestä. Ympäristön korkea lämpötila voi lisätä kouristusriskiä. Toksiset puuduteannokset voivat myös vähentää sydämen iskutilavuutta ja impulssien johtumista sekä alentaa verenpainetta. Hypoksia, asidoosi ja hyperkalemia lisäävät puudutteiden sydäntoksisuutta. Amidipuudutteet aiheuttavat harvoin allergisia reaktioita, ja tällöinkin syynä ovat useimmiten puudutteeseen lisätyt säilöntäaineet. Esterirakenteisten puudutteiden para-aminobentsoehapon kaltaiset metaboliitit voivat toisinaan aiheuttaa allergisia reaktioita.

Oikein tehty puudutus ja hätätilanteen toimenpiteet. Puudutus on tehtävä huolellisesti ja käyttäen hyviä välineitä. Liuosten on oltava steriilejä ja alue on puhdistettava ja desinfioitava. Hyvin verisuonitellulla alueella infiltraatiopuudutuksessa on vaarana puudutteen injisointi laskimoon. Aspiroi ja tarkista, ettei verta tule ennen puudutteen injisointia. Pienikokoisille eläimille kannattaa käyttää laimeita liuoksia yliannostuksen välttämiseksi. Puudutusaineen aiheuttamiin kouristuksiin on ensisijaislääkkeenä suositeltu **diatsepaamia**. Jos hengitys on lamaantunut, annetaan **happea**, eläin intuboidaan ja hengitystä avustetaan. Sydämen lyöntitiheyden laskiessa annetaan **atropiinia**.



Kuva 10-1. Puudutteen vaikutusmekanismi. Puudute siirtyy aksonin membraanin läpi ionittumattomassa muodossa. Ionittunut puudute sulkee Na⁺-kanavat aksoplasman kautta, jolloin kipu- ja tuntohermon depolarisaatioaallon eteneminen pysähtyy.

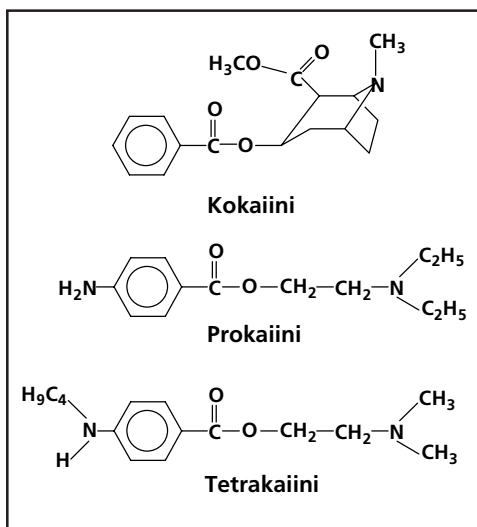
Adrenaliini ja hyaluronidaasi puudutteissa

Adrenaliini (Lidocain c. adrenalin[®], Marcain adrenalin[®], Xylocain adrenalin[®]) käytetään verisuonia supistavana (vasokonstriktorisena) lisäaineena puudutteissa. Sitä ei saa käyttää ulokkeita, kuten korvalehtiä, vetimiä ja häntää, puudutettaessa, koska huonontunut verenkierto aiheuttaa kuoliovaaran. Suositeltava laimennos suh-

teessa puudutteeseen on 1:100 000–1:200 000. Väkevämpää suhdetta kuin 1:50 000 ei saa käyttää. Adrenaliinilisällä saadaan monien puudutteiden vaikutusaikaa pidennettyä, koska puudutteen imeytyminen verenkiertoon vähenee vasokonstriktion vuoksi. Samalla toksisten haittavaikutusten vaara pienenee. Adrenaliinilisä vähentää tihkuverenvuotoa leikkausalueella, jolloin kirurgia helpottuu. Toisaalta sen on havaittu aiheuttavan kudoksetekroosia haavan reunoihin ja lisäävän arytmioiden ja kammiovärinän riskiä. **Halotaani** herkistää sydäntä adrenaliinille, joten adrenaliinipitoisia puudutteita ei pidä käyttää halotaanianestesian yhteydessä.

Hyaluronidaasi lisää kudosten permeabiliteettiä 24–48 tunniksi. Tällöin puutuminen nopeutuu mutta kestää lyhemmän aikaa. Yleensä hyaluronidaasia käytettäessä lisätään mukaan myös **adrenaliinia** hidastamaan puudutteen karkaamista verenkiertoon.

Hyaluronidaasista on hyötyä **retrobulbaaripuudutuksissa** käytettävästä puudutteesta riippumatta. Muissa puudutuksissa sen on havaittu lisäävän **prokaiinin** tehoa. Sillä ei ole vaikutusta **lidokaiiniin** eikä **mepivakaiiniin**.



Kuva 10-2. Esterirakenteisten puudutteiden rakennekaavoja.

Esterirakenteiset puudutteet

Ensimmäisenä esterirakenteisena puudutteena käytettiin **kokaiinia** (kuva 10-2). Sen käytöstä on luovuttu toksisuuden ja ihmisille aiheutuneen riippuvuuden ja huuomaavan vaikutuksen vuoksi.

Prokaiini

Prokaiinihydrokloridi oli käytetyin puudute ennen amidirakenteisia puudutteita. Vaikutusaika on lyhyt, joten yleensä se yhdistettiin vasokonstriktoriin.

Metabolia ja erityis. Plasman ja maksan epäspesifiset koliiniesteraasit (pseudokoliiniesteraasit) hydrolysoivat prokaiinin nopeasti p-aminobentsoehapoksi (PABA) ja dietyyliaminoetanoliksi, jolla on jonkin verran puudutevaikutusta. PABA ja osa prokaiinista erittyy virtsaan. Koska prokaiini ionisoituu heikon orgaanisen emäksen tavoin (pK_a 8,95), sen erityis on nopeampaa happamaan virtsaan. Prokaiini voi hävittää **sulfonamidien** antibakteerisen tehon, sillä sulfonamidit kilpailevat PABA:n kanssa bakteerien foolihapposynteesissä.

Käyttö. Prokaiinia on käytetty infiltraatio- ja johtopuudutuksiin. HEVONEN saa SIKAA ja LEHMÄÄ helpommin eksitaation prokaiinista. Nykyisin prokaiinia käytetään lihakseen annettavissa **G-penisilliini**valmisteissa. Prokaiinisulolana G-penisilliini liukenee hitaasti pistokohdasta, jolloin vaikutusaika pitenee. Prokaiini estää myös ruiskeen aiheuttamaa kipua.

Tetrakaiini ja oksibuprokaiini

Tetrakaiini (Minims Amethocaine hydrochloride®) on vesiliukoinen jauhe. Se on vaikutukseltaan tehokkaampi kuin prokaiini. Tetrakaiinia käytetään nykyisin lähinnä silmän puuduttamiseen (0,5–1 %). Jos sitä laitetaan limakalvoille suuria määriä, se voi aiheuttaa myrkytyksiä imeytyessään nopeasti verenkiertoon. Tetrakaiinin on koirilla havaittu hidastavan haavan paranemista silmäkirurgiassa.

Oksibuprokaiinin (Minims Benoxinate Hydrochloride®, Oftan Flurekain®, Oftan Obucain®) vaikutus on tetrakaiinin kaltai-

nen. Sillä saadaan nopeasti hyvä pinta-anestesia. Vaikutusaika on lyhyt. Sitä käytetään silmän pintapuudutukseen.

Amidirakenteiset puudutteet

Lidokaiini

Lidokaiini (Lidocain®, Xylocain®) on eläinlääkinnässä yleisimmin käytetty puudute. Se on melko stabiili, muttei juuri liukene veteen. Hydrokloridina lidokaiini on vesiliukoinen. Puudutusteho on prokaiiniin verrattuna noin kaksinkertainen ja vaikutus alkaa nopeasti. Laimean (0,5 %) lidokaiinin toksisuus on sama kuin prokaiinin ja vahvempien liuosten (1–2 %) noin puoltokertainen.

Metabolia ja erityys. Lidokaiini metaboloituu pääosin maksassa. Tärkeimmät reaktiot ovat N-de-etylaatio ja hydroksylaatio sekä konjugaatio sulfaattiin. Eliminoituminen on suurin piirtein yhtä nopeaa kuin prokaiinilla. Koiralla 10–20 % erittyy muuttumattomana virtsaan. Lidokaiini kulkee nopeasti istukan läpi.

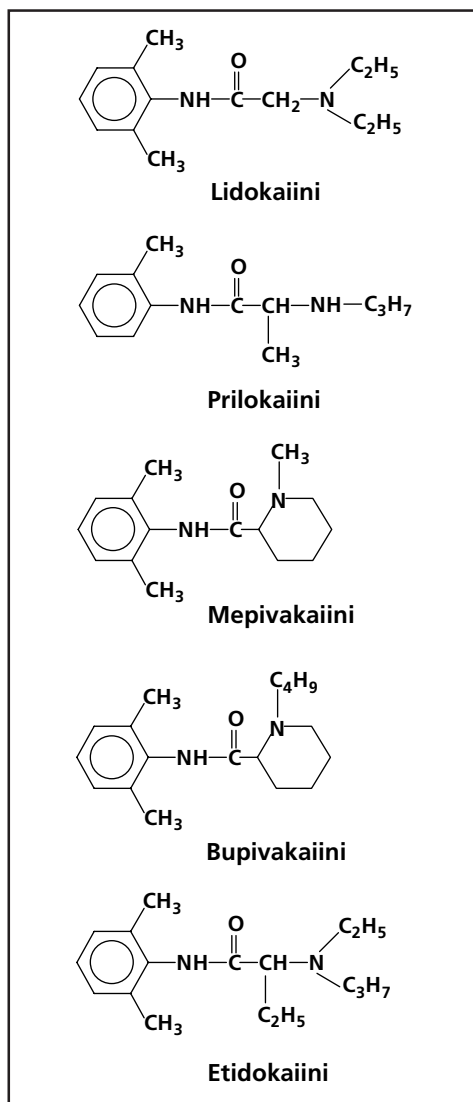
Käyttö. Lidokaiinia käytetään infiltraatio-, johto-, epiduraali- ja pintapuudutuksiin. PIENELÄIMILLÄ käytetään infiltraatiopuudutuksessa 0,5 % ja johto- sekä epiduraalipuudutuksissa 1–2 % liuosta. SUURELÄIMILLE vastaavat pitoisuudet ovat 1 % ja 2–3 %. Adrenaliinin kanssa vaikutus kestää noin kaksi tuntia, ilman sitä lidokaiini imeytyy nopeasti verenkiertoon ja voi aiheuttaa uneliaisuutta. Yliannostuksesta ovat oireina lihasvärinä, hypotensio, pahoinvointi ja oksentelu sekä kouristelut. Lidokaiinin aiheuttamien kouristusten hoitoon ei saa käyttää **pentobarbitaalia**, koska se potentoi ainakin koiralla lidokaiinin toksisuutta. Kouristusten syyksi on arveltu GABAergisen inhibitorisen järjestelmän salpautumista.

Lidokaiinia on käytettävä varoen potilailla, jotka ovat saaneet **β-salpaajia**. Lidokaiini on 1 B-luokan antiarytminen lääkeaine. Sitä käytetään koiran akuuteissa rytmihäiriöissä esim. suonensisäisesti, infuusionesteessä annoksella 0,025–0,06 mg/kg/min EKG-seurannassa.

Suonensisäistä lidokaiini-infuusiota voidaan myös käyttää analgeettina yleisanestesiassa. Se pienentää muiden anesteettien tarvetta.

Prilokaiini

Prilokaiini (Xylonest®, Citanest Octapresin® sis. myös felypressiiniä; Emla® sis. myös lidokaiinia) muistuttaa sekä rakenteellisesti että farmakologisesti lidokaiinia, ja sen vaikutusaika on suunnilleen sama.



Kuva 10-3. Amidirakenteisten puudutteiden rakennekaavoja.

Se on vähemmän toksinen kuin lidokaiini, mutta se voi aiheuttaa uneliaisuutta. Suurilla annoksilla metaboliatuotteet aiheuttavat methemoglobinemiaa.

Mepivakaiini

Mepivakaiini (Carbocain[®], Intra-Epicaine[®], Scandicain[®]) teho on samanlainen kuin lidokaiinin, mutta toksisuus on hieman pienempi. Anestesian alku on hitaampi kuin lidokaiinilla ja kesto on hieman pidempi. Mepivakaiini ei aiheuta vasodilataatiota, joten vasokonstriktoria ei tarvita.

Bupivakaiini, ropivakaiini ja etidokaiini

Sekä **bupivakaiini**, **ropivakaiini** että **etidokaiini** ovat pitkävaikutteisia amidirakenteisia puudutteita.

Bupivakaiini (Bicain[®], Chirocaine[®], Marcain[®]) muistuttaa rakenteellisesti **mepivakaiinia**. Se on neljä kertaa lidokaiinia tehokkaampi mutta toksisempi. Bupivakaiinia käytetään alueellisiin puudutuksiin (mm. epiduraalipuudutukseen), varsinkin leikkauksen yhteydessä ja leikkauksen jälkeisen kivun hoidossa.

Ropivakaiini (Naropin[®]) on vaikutuksiltaan bupivakaiinin kaltainen. Sitä käytetään 0,5–0,75 % liuoksena epiduraalianestesiaan, mutta se soveltuu myös hermo- ja infiltraatiopuudutuksiin. Ropivakaiini on vähemmän lipidiliukoinen ja sen sydäntoksisuus on vähäisempi kuin bupivakaiinin.

Etidokaiini (Duranest[®]) muistuttaa rakenteellisesti lidokaiinia. Se on neljä kertaa

lidokaiinia tehokkaampi ja noin kaksi kertaa sitä toksisempi. Sitä käytetään ihmisillä epiduraalianestesiaan.

Muita puuduttavia aineita

Etyylikloridi ja nestetyppi

Etyylikloridilla ja nestetyppellä on alhainen kiehumispiste, joten ne haihtuvat iholta hyvin nopeasti sitoen mukaansa kudosten lämpöä. Tämän seurauksena iho jäätyy ja menee tunnottomaksi. Ne sopivat hyvin käytettäväksi pienten ihoalueiden anestesiaan, esim. paiseen puhkaisun yhteydessä. Suurien ihoalueiden jäädyttäminen on kontraindikoitua, sillä paleltumat ovat jälkeensä kivuliaita. Suun ja nenän tienoilla etyylikloridia on käytettävä varoen, koska se voi aiheuttaa syvän, jopa kuolemaan johtavan anestesian.

Opioidit ja α_2 -adrenergiset agonistit

Epiduraalisesti ruiskutetuilla **opioideilla** ja **α_2 -adrenergisillä agonisteilla** voidaan saada aikaan alueellinen analgesia. Niitä käytetään joko yksinään tai yhdistettynä puudutteisiin. Epiduraalisella **morfiinilla** hoitetaan yleisesti postoperatiivista kipua ja ihmisillä myös syöpäkipuja. Kokeellisesti epiduraaltilaan on α_2 -agonisteista ruiskutettu ainakin **klonidiinia**, **ksylatsiinia**, **detomidiniä** ja **medetomidiniä**. Myös nivelissä on todettu olevan opioidireseptoreita, ja nivelensisäisesti ruiskutetun morfiinin onkin todettu lievittävän esim. artroskopialeikkauksen jälkeistä kipua.

11. Balansoitu anestesia

Outi Vainio

Balansoitu anestesia eli yhdistelmäänestesia on nukutusmenetelmä, jossa nukutus, kivuttomuus ja lihasrentous aiheutetaan kukin erikseen niihin sopivilla lääkeaineilla. Nukutuksella tarkoitetaan tilaa, jossa eläimen keskushermoston toiminta on ohimenevästi lamautettu niin, ettei voimakkaan ärsyke, esim. leikkaukskipu, pääse potilaan tietoisuuteen. Nukutukseen liittyvä tajuttomuus estää toimenpiteen aikaisten tapahtumien muistamisen. Kivuttomuus varmistaa sen, että leikkauksen aiheuttamat reflektoriset ja hormonaaliset vasteet jäävät mahdollisimman vähäisiksi. Potilaan hyvä lihasrentous helpottaa leikkauksen suorittamista.

Yhdistelmäänestesian hyviä puolia on se, että nukutuksen osatekijöitä voidaan painottaa potilaan ja toimenpidettä suoritavan eläinlääkärin tarpeiden mukaan paitsi eri leikkauksissa myös saman operaation eri vaiheissa. Potilaalle räätälöidyn yhdistelmäänestesian avulla haittavaikutusten määrä voidaan minimoida. Yhdistelmäänestesian perustana oleva unen kaltainen tila (tajuttomuus) tuotetaan joko inhalatioanestesia-aineilla (luku 6) tai injisoitavilla anestesia-aineilla, jotka esitellään tässä kappaleessa. Nukutusaineiden analgeettinen vaikutus ei aina ole riittävä leikkauksen kivuliaimpien toimenpiteiden (esim. munasarjojen vetäminen vatsaontelosta, kylkiluiden vetäminen erilleen) aikana. Intraoperatiivista analgesiaa voidaan hetkellisesti parantaa esim. **opioideilla**. Tarvittava lihasrentous voidaan tuottaa esim. bentsodiatsepiineilla (**diatsepaami** ja **midatsolaami**) tai perifeerisillä **lihasrelaksanteilla**. Jälkimmäisiä käytettäessä on muistettava, että myös hengitysilhakset lakkaavat toimimasta ja sen vuoksi potilas on kytkettävä hengityskoneeseen.

Yhdistelmäänestesian haittapuolia ovat annostus- ja muut virhemahdollisuudet, kun näitä "cocktaileja" käytännössä annetaan eläimille. Melkein kaikki rauhoitus- ja nukutusaineet vahvistavat toistensa vaikutuksia. Yhdessä niitä tarvitaan pienempiä annoksia kuin yksinään käytettäessä. Eri lääkeaineiden mahdollisimman tasapainoisen sekoitussuhteen tunteminen on yhdistelmäänestesian turvallisuuden perusedellytys.

Kaiken kokoiset eläimet voidaan nukuttaa ilman hengityksen kautta annosteltavia nukutusaineita yhdistelemällä pelkästään injisoitavia anesteetteja ja rauhoitusaineita. Tällainen täydellinen laskimonsisäinen anestesia (total intravenous anaesthesia, TIVA) on parhaimmillaan silloin, kun käytössä on tarkoitukseen soveltuva infuusiopumppu. Nesteensiirtolaite, jota pitkin sopiva nukutusaine-rauhonhoitusaineyhdistelmä valutetaan laskimoon, on myös toimiva, mutta vaatii käyttäjältään enemmän kokemusta ja tarkkuutta. Koska kohtuuhintaisia ja luotettavia automaattisia infuusiopumpuja on markkinoilla, niiden käyttö on suositeltavaa.

Infuusiopumpun käyttö mahdollistaa injisoitavien nukutusaineiden annostelun hitaana, jatkuvana infuusiona. Infuusioanestesian syvyys on helposti säädeltävissä ja nukutus voidaan tarvittaessa lopettaa milloin vain. Oikein suoritettu infuusioanestesia muistuttaa ominaisuuksiltaan inhalatioanestesiaa. Infuusioanesteeteiksi sopivat sellaiset injisoitavat nukutusaineet, joilla on lyhyt vaikutusaika ja jotka eivät kumuloidu elimistöön. Yleisimpiä infuusioanesteetteja eläimillä ovat **propofoli** ja **ketamiini**. Näiden lisäksi usein annostellaan infuusiona myös sedatiiveja ja kipulääkkeitä.

Injisoitavat anesteetit ovat sekalainen ryhmä nukutusaineita, jotka annostellaan laskimoon (i.v.), lihakseen (i.m.), nahan alle

(s.c.), vatsaonteloon (i.p.) tai intrakelomisesti. Niitä käytetään yleensä nukutuksen induktioon. Lyhytvaikutteisia, ei-kumuloituvia aineita käytetään pienempinä toistuvina annoksina myös nukutuksen ylläpitoon.

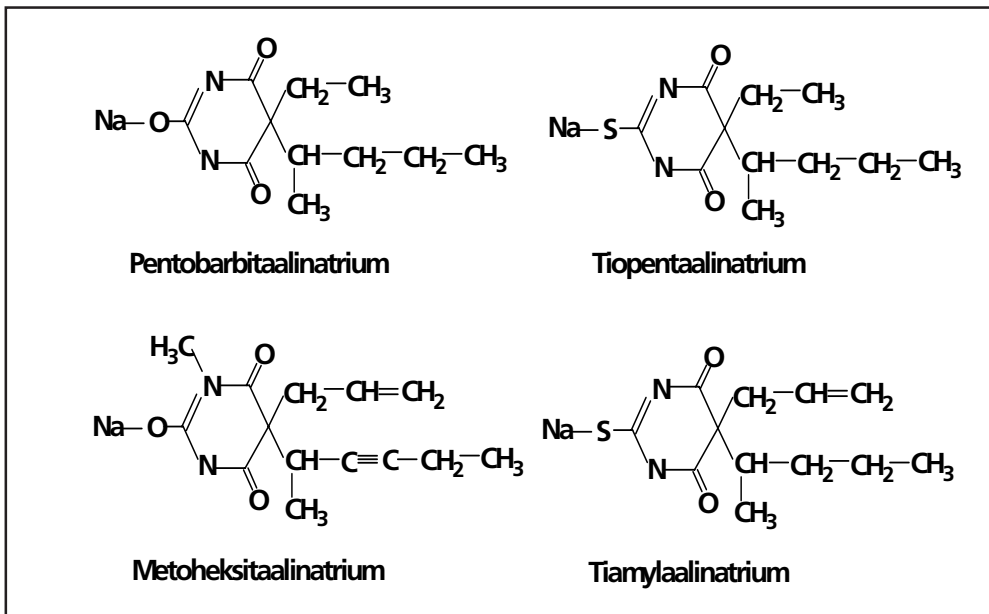
Barbituraatit

Barbituraatit luokitellaan kuuluviksi hypnoottisiin sedatiiveihin, joiden annosvaiteinen vaikutus vaihtelee pienempien annosten aiheuttamasta sedaatiosta ja hypnoosista suurempien annosten anestesiaan. Barbituraattien aikaansaaman yleisanestesian unikomponentti on yleensä voimakkaampi kuin analgeettinen komponentti. Anesteetteina käytetään ultralyhytvaikutteisia (tiobarbituraatit ja N-metyloidut barbituraatit) ja lyhytvaikutteisia barbituraatteja (**pentobarbitaali**, Mebunat® vet). Keskipitkä- ja pitkävaikutteiset barbituraatit toimivat epilepsialäkkeinä ja ihmisillä nukahtamisläkkeinä. Barbituraatit ovat tehokkaita kouristusten hillitsemiseen esim. *status epilepticuksessa* olevilla eläimillä.

Rakenteen yhteys vaikutukseen

Barbituraatit ovat barbituurihapon (malonyyliurean) johdoksia (kuva 11-1). Barbituurihapot liukenevat huonosti veteen, mutta niiden suolat hydrolysoituvat vedessä muodostaen emäksisiä liuoksia. Barbituurihapolla itsellään ei ole hypnoottista vaikutusta. Kun barbituurihapon C₅:een liitetään alkyyl- tai aryyli ryhmä, jonka pituus on 4–9 hiiltä, saadaan aikaan optimaalinen hypnoottinen vaikutus. Pidempää hiiliketjuja sisältävät barbituraatit aiheuttavat kouristuksia. Tyydyttymätön, haaroittunut tai pitkä sivuketju hapettuu nopeammin, jolloin metabolia nopeutuu ja vaikutus lyhenee. Lyhyitä ketjuja sisältävät barbituraatit ovat puolestaan stabiilimpia, elimistö metaboloii niitä huonommin ja siten vaikutusaika on pidempi. C₅:een voi olla liittynään vain yksi aryyli ryhmä.

Jos C₂:een liittynyt happi korvataan rikillä, syntyvät hyvin rasvaliukoiset tiobarbituraatit. Niiden vesiliukokset ovat epästabiileja. Paljon käytetyn **tiopentaalin** vaikutus alkaa nopeasti, mutta kestää lyhyen ajan.



Kuva 11-1. Barbituraattien rakennekaavoja

Anestesioteho on suurempi kuin rikittömillä barbituraateilla.

Alkyyliiryhmän liittäminen barbituurihap-porenkaan 1- tai 3-kohdan tyypeen lisää nukutusvaikutusta. N-metyloidut yhdisteet ovat rasvaliukoisempia ja siten niiden vaikutus alkaa nopeammin. Jos molemmat tyy-pet substituoidaan, yhdiste aiheuttaa kouristuksia.

Keskushermostovaikutukset

Barbituraatit vaikuttavat keskushermoston inhibitorisen välitysjärjestelmän kautta tehostamalla sen toimintaa. Nisäkkäiden keskushermostossa GABA on pääasiallinen inhibitorinen välittäjäaine. Barbituraattimolekyylit kiinnittyvät GABA_A-reseptorikompleksin spesifisiin kiinnittymiskohtiin. Reseptorikompleksin aktivoituminen au-kaisee keskuskanavan, jolloin kloridi-ionit pääsevät virtaamaan solun sisään. Hyperpolarisoitunut solu ei kykene normaaliin hermovälitystoimintaan, mikä näkyy esto-vaikutuksena postsynaptisissa neuroneis-sa. Kliininen vaikutus on potilaan nukah-taminen. Sentraalisen kipuaistimuksen vaimeneminen vaatii melko suuria barbituraattiannoksia. Kevyessä barbituraatti-unessa eläin saattaa reagoida kipuärsy-keeseen.

Hengityksen lamaantuminen

Suuret barbituraattiannokset lamaavat kaikilla eläinlajeilla ydinjatkoksen hengi-tyskeskusta. Yleensä hengitys pysähtyy ennen sydänpysähdystä. Tässä vaiheessa elvytys on aloitettava välittömästi hengi-tyksen uudelleen käynnistämiseksi. Vähä-rasvaiset eläimet ovat vähäisen uudelleen-jakautumisen vuoksi (kuva 1-11) erityisen herkkiä barbituraattien aiheuttamille hait-tavaikutuksille. Niillä barbituraatteja on käytettävä varoen ja potilaan tilaa tarkasti seuraten.

Sydän ja verenkierto

Sedatiivisina tai hypnoottisina annoksina barbituraattien vaikutukset sydämen toi-mintaan ja verenkiertoon ovat melko vä-

häisiä. On kuitenkin huomattava, että ali-lämpöisyys lisää sydämen herkkyyttä ryt-mihäiriöille. Siten alilämpöinen eläin on erittäin herkkä barbituraattien sydänvai-kutuksille, mm. kammiovärinälle. Lisäksi alilämpö hidastaa barbituraattien eritty-mistä elimistöstä. Pienikokoisten eläinten ruumiinlämpö laskee leikkauksen aikana helposti useita asteita. Siksi erityistä huomiota on kiinnitettävä nukutettujen po-tilaiden ruumiinlämmön säilyttämiseen normaalina. Kammiovärinän vaara on suurempi käytettäessä **pentobarbitaalia** kuin **tiopentaalia**. Anestesian ensimmäis-ten minuuttien aikana systolinen veren-paine ja perifeerinen vastus pienenevät. Samanaikaisesti sydämen lyöntitiheys suu-renee.

Barbituraattien käyttö on kyseenalaista suuresta verenhukasta kärsivillä potilailla. Käyttö voi aiheuttaa menehtymisen eläimillä, joilla on porfyriiniaineenvaihdunnan häiriö.

Munuaisten ja maksan toiminta

Barbituraatit eivät juuri vaikuta terveiden munuaisten toimintaan, mutta munuais-ten puutteellinen toiminta voi aiheuttaa ongelmia anestesian aikana. Uremia her-kistää eläimen barbituraattien haittavai-kutukselle. Synä on ilmeisesti plasman proteiinien alentunut kyky sitoa barbitu-raattimolekyyliä. Terveen maksan toiminta barbituraatit eivät huononna. Sen sijaan ne indusoivat mikrosomaalisia entsyyme-jä. Toistuva anestesia maksaviasta kärsivil-lä potilailla voi pahentaa maksan vaurioi-ta.

Sikiö ja vastasyntynyt

Barbituraatit läpäisevät helposti istukan, joten barbituraattien käyttöä keisarileik-kauksessa on syytä varoa, jos halutaan eläviä jälkeläisiä. Sikiön hengityskeskus lamaantuu pienillä annoksilla, joilla ei saada aikaan emän anestesiaa. **Pentobarbitaali** lamaa hengitystä enemmän kuin **tiopen-taali**. Maksan mikrosomaaliset entsyymit

alkavat kehittyä vasta noin viikko syntymän jälkeen. Vastasyntyneet eivät kykene metaboloimaan barbituraatteja, jotka poistuvat niiden elimistöstä ainoastaan munuais erityksen kautta.

Anestesiasta toipuminen, metabolia ja eliminaatio

Eläinlajien väliset erot metaboliassa ovat suuria. MÄREHTIJÖILLÄ puoliintumisajat ovat lyhyitä, esim. VUOHELLA pentobarbitaalin puoliintumisaika on 0,9 tuntia, KOIRALLA se on 8,2 tuntia. Välitön herääminen lyhytaikaisesta barbituraattinukutuksesta johtuu lääkeaineen poistumisesta keskushermostosta sen siirtyessä muihin kudoksiin, mm. lihas- ja rasvakudokseen (kuva 1-11). Herääminen ei siten johdu nopeasta metaboliasta vaan uudelleen jakautumisesta. Täydellinen toipuminen anestesiasta kestää 1–3 vuorokautta. Tänä aikana lääkkeet ja niiden metaboliitit poistuvat elimistöstä sekä elimistön hormonaaliset vasteet palautuvat normaaliksi.

Barbituraatit poistuvat elimistöstä munuaisten kautta sellaisinaan tai ne hapettuvat maksassa vesiliukoisempaan muotoon. Eritys maitoon on vähäistä.

Pentobarbitaalin metabolian pääreittinä on hapetus maksan mikrosomaalisessa entsyymijärjestelmässä. Edeltävä altistus pentobarbitaalille, fenytoiinille tai klooratuille tuholaismyrkyille lisää entsyymiaktiivisuutta indusoimalla entsyymien toimintaa ja siten lyhentää barbituraattien vaikutusaikaa. Havupuun lastujen, joita käytetään laboratorioeläimillä kuivikkeina, on myös todettu stimuloivan mikrosomaalisia entsyymejä. Tiobarbituraateista noin puolet metaboloituu maksassa ja noin 10 % aivoissa. Metabolia on hidasta ja maksavika voi estää metabolian lähes kokonaan. Vastasyntyneiden ja nuorten yksilöiden lisäksi myös nälkiintyneillä eläimillä metaboliakyky on alentunut.

Jos barbituraatteja käytetään toistuvasti, hermokudos voi myös adaptoitua lääkeaineen läsnäoloon niin, ettei hypnoottista vaikutusta saada tavanomaisilla annoksilla.

Annosten suurentaminen on kuitenkin kyseenalaista, koska kuolettava annos pysyy samana. Toleranssi häviää nopeasti, kun lääkkeen käyttö lopetetaan.

Sitoutuminen plasman proteiineihin vaikuttaa lääkeaineen jakautumiseen, anestesian keston ja toipumisnopeuteen. Muut lääkeaineet (mm. **fenyylilibutatsoni**, **salisylaattit** ja **sulfonamidit**) voivat syrjäyttää barbituraatit proteiineista, jolloin sitoutumattoman barbituraatin määrä kasvaa ja kliininen vaikutus tehostuu. Joidenkin sulfonamidien on puolestaan havaittu häiritsevän barbituraattien uudelleenjakautumista ja hidastavan eliminaatiota.

Glukoosin ja **laktaatin** käyttö infuusio- nesteessä vaikuttaa nukutuksesta toipumiseen. Näennäisesti toipunut eläin voi infusio- sion jälkeen nukahtaa uudelleen.

Lyhytvaikutteiset barbituraatit

Pentobarbitaali eli mebumaali (Mebunat® vet) on lyhytvaikutteinen barbituraatti, joka muistuttaa rakenteellisesti tiopentaa- lia (kuva 11-1). Pieneläinvastaanotoilla injektioanesteeteista ketamiini ja propofoli ovat suurelta osin syrjäyttäneet pentobarbitaalinatriumin. Se on kuitenkin edelleen käytössä porsaiden nukutuksessa.

Pentobarbitaali sopii hyvin eläinten lopetukseen (⇒ luku 36). Sitä voi pienille eläimille antaa myös i.p. Eläinten eutanasiaan tarvittava annos on noin kaksinkertainen kirurgisen anestesian vaatimaan annokseen verrattuna.

Pentobarbitaalia voidaan käyttää epileptiformisten kouristusten hillitsemiseen sekä strykniinimyrkytyksen oireiden lievittämiseen. Jos kouristukset johtuvat lidokaiinimyrkytyksestä, pentobarbitaalia ei pidä käyttää, koska yhdistelmä voi olla tappava. KISSALLA on todettu, että pentobarbitaalin ja neomysiinin samanaikainen käyttö voi aiheuttaa neuromuskulaarisen paralyysin, joten yhteiskäyttöä on vältettävä. KOIRIA, jotka ovat saaneet **dihydrostreptomysiiniä**, on kuollut hengityspysähdykseen pentobarbitaalinukutuksen yhteydessä.

Ultralyhytvaikutteiset barbituraatit

Ultralyhytvaikutteisiin barbituraatteihin kuuluvat tiobarbituraatit (käytössä lähinnä **tiopentaali** eli tiomebumaali). Lyhyen vaikutuksensa vuoksi niitä käytetään lähinnä anestesian induktioon. Anestesiaa pidetään yllä muilla nukutusaineilla.

Tiobarbituraatit. **Tiopentaalinatrium** (Pentothal Natrium®) poikkeaa rakenteeltaan pentobarbitaalista siinä, että yksi happi on korvattu rikillä (kuva 6-1). **Tiamylaali** (Surital®) muistuttaa rakenteeltaan tiopentaalia (kuva 6-1). Tiobarbituraatit ovat huonosti vesiliukoisia mutta niiden natriumsuolat liukenevat veteen hyvin. Vesiliuokset ovat kuitenkin epästabilleja, joten tiobarbituraatit säilytetään kuiva-ampulleissa ja liuotetaan veteen juuri ennen käyttöä. Liuos on kellertävä ja erittäin alkaalinen (pH 11). Pieneläimille käytetään 2,5 % ja suurellemille 5 % tai 10 % liuoksia. Veren pH:ssa suolat dissosioituvat. Lääkeaine ei kuitenkaan sakkaudu, koska se laimenee nopeasti ja sitoutuu osittain myös proteiineihin.

Tiobarbituraatteja voi antaa vain laskimoon, sillä ne ovat erittäin ärsyttäviä. On varottava, ettei niitä injisoida vahingossa valtimoon, koska ne tuhoavat valtimon endoteelin. Tämän seurauksena voi esimerkiksi koko raaja joutua kuolioon. Myös asianmukainen laskimonsisäinen injektio voi aiheuttaa laskimotulehduksen. Jos tiopentaalinatriumia joutuu vahingossa suonen viereen, se voi johtaa laajan alueen kuolioon. Ensiapuna ruiskutetaan alueelle välittömästi sama tilavuus 1 % **lidokaiinia** kivun lieventämiseksi ja lisäksi alue huuhdellaan fysiologisella suolaliuksella, jotta tiobarbituraatti laimenesi mahdollisimman paljon.

Tiopentaalinatrium voi aiheuttaa eksitaation, jos eläintä ei ole esilääkitty rauhoitusaineella tai nukutusaine ruiskutetaan liian hitaasti. Lasketusta annoksesta kannattaa PIENELÄIMILLE antaa aluksi noin puolet nopeasti ja loput hyvin hitaasti vastetta seuraten. Liian nopea injektio lamaa helposti vasomotorisen keskuksen, mistä seuraa verisuonten laajetessa äkillinen verenpaineen lasku.

Annostus on yksilöllinen. Lihava eläin vaatii suhteellisesti jonkin verran suuremman annoksen painokiloa kohden kuin laiha. Vaikutus alkaa noin minuutissa ja kestää 5–15 min. Antonopeus vaikuttaa keston siten, että nopealla injektioilla saadaan korkea huippupitoisuus ja lyhyempikestoinen anestesia.

Erittäin lipidiliukoisina tiobarbituraatit kulkeutuvat esteettä kudoksiin. Tämän vuoksi elinten verenkierto säätelee alkuvaiheessa niiden lääkeainepitoisuuksia. Ensin lääkeaine leviää hyvin verisuonitettuihin elimiin (aivot, sydän, munuaiset, maksa), sitten lihaksiin ja rasvoihin. Aivoissa huippupitoisuus saavutetaan noin minuutissa, lihaksissa noin 15 minuutissa ja rasvakudoksessa muutamassa tunnissa. Herääminen tiobarbituraattinukutuksesta johtuu lääkeaineen uudelleenjakautumisesta. Maksa metaboloii vain noin 10–15 % tiobarbituraattiannoksesta tunnissa. Kumuloituvan vaikutuksensa vuoksi ultralyhytvaikutteisia barbituraatteja ei suositella käytettäväksi anestesian ylläpitoon, koska toipuminen toistuvista annoksista on hidasta: pitoisuus veressä jää korkeaksi pitkiksi ajoiksi, koska rasvakudos on kyllästetty ja metabolia on hidasta.

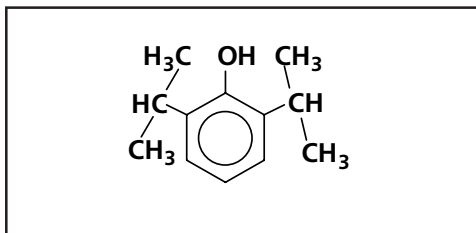
Tiobarbituraatteja käytetään pääasiassa nukutuksen induktioon tai lyhytkestoisissa toimenpiteissä anesteetteina. Tiobarbituraattien analgeettinen teho on heikko. Lihaselaksaatio on riittävä pieniin kirurgisiin operatioihin. Perifeerisiä lihasrelaksanteja voi käyttää apuna, jos on mahdollisuus avustettuun hengitykseen.

Tiobarbituraatit aiheuttavat voimakkaan hengityslaman laskimonsisäisen annostelun jälkeen. Apnea voi kestää 30 sekunnista useisiin minuutteihin. Yleensä hengitys käynnistyy spontaanisti eikä hapen antoon tai avustettuun hengitykseen ole tarvetta. Induktion aikana voi tulla sydämen rytmihäiriöitä, jotka häviävät annettaessa hapeta. Ellei lisähappi riitä, voidaan antaa **lidokaiinia** infuusiotippaan sekoitettuna arytmiian hoitoon.

Propofoli

Propofoli (Rapinovel[®] vet, Diprivan[®], Propofol[®], Recofol[®]) on laskimoon annettava nukutusaine, joka rakenteeltaan poikkeaa muista. Se on kemiallisesti di-isopropyylifenoli (kuva 11-2) eikä se liukene veteen. Kaupallinen valmiste on voimakkaasti opalisoiva öljy-vesiemulsio, joka on annosteltava laskimonsisäisesti. Injektio voi aiheuttaa pistokohdassa kipua erityisesti pienillä eläimillä, vaikka laskimonsisäiset injektiot eivät neutraalin pH:n vuoksi vaurioita kudoksia.

Propofolin tarkkaa vaikutusmekanismia ei tunneta, mutta se voimistaa keskushermoston inhibitorisia, GABAergisiä toimintoja sekä vähentää aivojen metabolista aktiivisuutta. Keskushermostossa propofolimolekyylit kiinnittyvät GABA_A-reseptori-kompleksiin, mutta kiinnittymiskohta ei ole sama kuin barbituraateilla tai bentsodiatsepiineilla. Suonensisäisen injektion jälkeen propofolin vaikutus alkaa nopeasti noin 30 sekunnissa, koska rasvaliukoiset molekyylit läpäisevät helposti veri-aivoesteen. Injektion jälkeen propofoli jakautuu laajasti muihin kudoksiin (suuri jakautumistilavuus). Maksa poistaa propofolimolekyylit nopeasti verenkierrosta konjugoimalla ne glukuronideiksi. Metaboliitit poistuvat elimistöstä virtsaan. Katoaminen verenkierrosta on niin joutuisaa, että todennäköisesti elimistö metaboloii propofolia myös ekstrahepattisesti. Propofolin vaikutuksen päättymisen johtuu sekä uudelleenjakautumisesta että nopeasta metaboliasta. Kineettisessä analysissa metabolian osuus on niin tehokas, että diffuusionopeus kudoksista verenkiertoon jää eliminaationopeutta mää-



Kuva 11-2. Propofolin rakennekaava.

rääväksi tekijäksi. Koska metabolia on tehokasta, kumulaatiovaaraa ei ole. Tässä suhteessa propofoli on turvallisempi kuin tiopentaali. Munuais- ja maksasairaudet eivät näytä vaikuttavan propofolin puhdistumaan, joten sitä voidaan käyttää kyseisillä potilasryhmillä melko turvallisesti.

Kliinisesti propofolin vaikutus muistuttaa tiopentaalin aiheuttamaa nukutusta. Eläimet nukahtavat pehmeästi noin minuutissa laskimonsisäisen annostelun jälkeen. Propofolia käytetään usein nukutuksen induktioon ennen inhalaatioanesteeteilla tapahtuvaa nukutuksen ylläpitoa. Lyhyen, kumuloitumattoman vaikutuksensa vuoksi propofoli soveltuu hyvin myös toistuvien bolusinjektioiden antamiseen. Nukutuksesta herääminen on vaivaton ilman eksitaatiota ja uneliasta välivaihetta. Ihmispotilaat kokevat heräämisen miellyttävänä.

Propofoli lamaa verenkiertoelimistön toimintaa saman verran kuin tiopentaali. Verenpaineen lasku on todennäköisesti seurausta laskimoiden laajentumisesta. Minuuttitilavuuden pieneneminen johtunee sekä laskimoiden laajentumisesta että vähentyneestä laskimoveren paluusta sydämeen. Vaikutus hengitystihyeyteen on vähäinen, mutta nopea suonensisäinen injektio saattaa aiheuttaa (palautuvan) hengityspysähdysten. Sen välttämiseksi suositellaan, että propofoli annostellaan hyvin hitaana injektiona, 20–40 sekunnin kuluessa. Nukutuksen aikana hapen osapaine laskee ja hiilidioksidin osapaine nousee ohimenevästi. Vaikutus suolen liikkuvuuteen on vähäinen.

Analgesia on vain kohtalainen propofolinukutuksessa, erityisesti pieniä annoksia käytettäessä. Rauhoittavat esilääkkeet (α_2 -agonistit) tai opioidit tehostavat kivunpoittoa ja samalla pidentävät vaikutusaikaa. Propofoli sopii käytettäväksi nartun keisarileikkauksessa, sillä pennut syntyvät virkeinä. Propofolinukutuksen aikana on kuvattu kouristuskohtauksia - toisaalta sitä käytetään myös kouristelukohtausten hoitoon. Propofoli lisää adrenaliinin rytmihäiriöitä aiheuttavaa vaikutusta.

Ketamiini ja tiletamiini

Ketamiini on dl-2-(o-kloorifenyli)-2-(metyyliamino)-sykloheksanoni, joka kaupallisessa liuoksessa esiintyy kahden optisesti aktiivisen isomeerin, S(+) ja R(-), raseemisenä seoksena. **Tiletamiini** on ketamiinin tapainen sykloheksamiinianesteetti, jota käytetään **tiletamiini-tsolatsepaami**-yhdistelmässä.

Ketamiini ja tiletamiini (kuva 11-3) kuuluvat dissosiativiisiin anesteetteihin, jotka keskushermoston assosiaatoratoihin vaikuttamalla estävät informaation kulun aivojen alemmista osista aivokuoreen. Ketamiini on glutamaatin NMDA-reseptorin ei-kilpaileva salpaaja. Kun ketamiinimolekyyli sitoutuu reseptoriin, se estää glutamaatin eksitatoriset vaikutukset. Vaikutus perustuu siis glutamiinihapon säätelemien ionikanavien toiminnan häiriintymiseen. Ilmeisesti ainakin osa vaikutuksista aiheutuu dopamiinin vapautumisesta. Myös serotoniinia vapautuu enemmän kuin normaalisti. Ketamiinilla saattaa olla vaikutuksia myös keskushermoston opioidireseptoreihin. Kliinisesti se aiheuttaa katalepsian kaltaisen tilan, johon liittyy tajunnan ja muistin menetys. Ketamiini saa aikaan suhteellisen hyvän analgesian, vaikka unikomponentti on melko heikko.

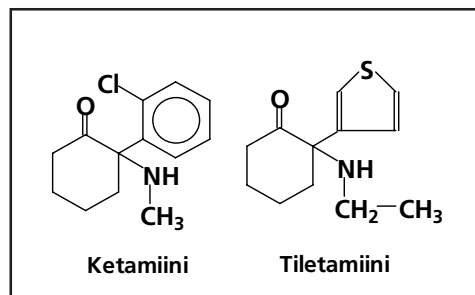
Lähes kaikista muista nukutusaineista poiketen **ketamiini** ei lamaa sydämen eikä keuhkojen toimintaa. Sitä voidaan antaa sekä i.m. että i.v. Se aiheuttaa lievää paikallista ärsytystä johtuen liuoksen happamuudesta (pH 3,5). Hyvin rasvaliukoisena se imeytyy nopeasti. Pitoisuudet plasmassa laskevat nopeasti ketamiinin jakaantuessa muihin kudoksiin, pääasiassa aivoihin, maksaan, keuhkoihin ja rasvakudokseen. Noin puolet ketamiinista on hevosella sitoutuneena plasman proteiineihin.

Ketamiinia ei suositella käytettäväksi ainoana anesteettina, koska katalepsiatilan lisäksi se voi ainakin ihmisellä aiheuttaa epämiellyttäviä hallusinaatioita. On mahdollista, että eläimilläkin on jonkinlaisia harha-aistimuksia. Ketamiinin aiheuttama tunnottomuuden ja tajuttomuuden kalta-

nen tila poikkeaa inhalaatio- ja barbituraatianestesiasta. Silmät jäävät auki ja pupillat ovat laajat. Lihakset ovat jännittyneitä. Sensoristen impulssien kulku katkeaa joko selkäytimessä tai aivorungossa. Viskeraalinen kipu ei poistu yhtä tehokkaasti kuin somaattinen kipu. Tajuntaa lamaava vaikutus on paikallistettu talamuksen keskustumakkeen ja talamokortikaalisen järjestelmän lamaantumiseen. Kipuaistimus estyy nopeavassa retikulaarisessa aktivaatiojärjestelmässä (ARAS). Ketamiini aktivoi limbistä järjestelmää. Tämän katsotaan olevan syytä siihen, että ketamiini voi aiheuttaa kouristuskohtauksia. KISSAT, KÄDELLISET ja pikkulapset eivät ole niin herkkiä saamaan kouristuksia kuin KOIRAT, HEVOSET ja aikuiset ihmiset. Ketamiinia on käytettävä varoen eläimillä, joilla on epilepsia. Ketamiinin aiheuttamia kouristuksia voidaan hillitä **bent-sodiatsepiineilla**.

Ketamiini lisää aivojen verenkiertoa ja kallonsisäistä painetta, myös silmänsisäisen paine kohoaa. On ilmeistä, että ketamiinianestesia vaatii intaktin aivokuoren, sillä ketamiini ei pysty indusoimaan anestesiaa, jos aivokuorella on suuria vaurioita.

Ketamiini kuuluu niihin harvoihin anesteetteihin, jotka stimuloivat sydäntä ja verenkiertoa, joten se kompensoi jonkin verran esim. α_2 -agonistien lamaavia vaikutuksia. Ketamiini nostaa jonkin verran verenpainetta ja sydämen lyöntitiheys pyrkii kasvamaan. Herkistymistä katekoliamiinien aiheuttamille rytmihäiriöille on todettu. Kardiovaskulaarinen aktiivisuus lisääntyy



Kuva 11-3. Ketamiinin ja tiletamiinin rakennekaavat.

voimakkaammin KOIRALLA kuin KISSALLA. KISSALLA hengitys kiihtyy, mutta minuuttitilavuus pienenee. Sisäänhengitys on pidentynyt ja uloshengitys lyhentynyt. Suuret annokset lamaavat hengitystä ja voivat aiheuttaa hypoksiaa.

Lhasrelaksaatio on ketamiinanestesiassa huono. Nielun ja kurkunpään refleksit säilyvät ainakin osittain kaikilla eläinlajeilla. On huomattava, ettei nielemisrefleksi ole riittävä estämään aspiraatiota. Ketamiinin yhdistelmät α_2 -agonistien kanssa ovat villieläinten immobilisaatiossa ja nukuttamisessa erittäin tehokkaita (\Rightarrow luku 32).

Farmakokinetiikka ja eliminoituminen

Ketamiinin eliminaatiopuoliintumisaika on HEVOSELLA noin 40 min ja KISSALLA noin 65 min. Sedatiivien on havaittu hidastavan ketamiinin eliminoitumista KOIRALLA ja HEVOSELLA. Metabolia on nopeaa ja vain vähäinen osa ketamiinista erittyy sellaisenaan. Päämetaboliitteja on neljä. Pääosa ketamiinista metaboloituu maksassa N-demetylaatiolla ja hydroksylaatiolla. Glukuroni-konjugaatit erittyvät virtsaan. KISSALLA pääosa erittyy sellaisenaan munuaisten kautta. KOIRALLA maksavika hidastaa metaboliaa ja pidentää sen vuoksi nukutusta. KISSALLA munuaisvika tai virtsatietukos voi aiheuttaa sen, ettei eläin herää ennen kuin munuaistoiminta on kunnossa ja virtsan erityis on käynnistynyt.

Käytön rajoituksia

Valtimoaneurysmat, sydän-, maksa- ja munuaisvika, virtsatietukos sekä pään vammat, jotka nostavat kallonsisäistä painetta, ovat kontraindikaatioita ketamiinanestesiälle. Sitä ei suositella eläimille, joilla on epilepsia tai taipumuksia kouristuksiin. Ketamiinin käyttöä nielun, kurkunpään ja henkitorven alueen kirurgiassa rajoittaa se, että refleksit ovat edelleen aktiivisia. Silmäkirurgiaa häiritsee kohonnut silmänsisäinen paine. Verenpaineen kohoamisen vuoksi on kiinnitettävä erityistä huomiota verenvuotojen kontrollointiin. Eläimillä,

joilla on kardiopulmonaarisia ongelmia, ei pitäisi käyttää ketamiini-ksylatsiini -yhdistelmää. Verenhukka pienentää huomattavasti ketamiinin tarvetta.

Amantadiini

Amantadiini (Aтарin®) muistuttaa vaikutusmekanismiltaan ketamiinia, koska se salpaa glutamaatin NMDA-reseptoreita. Sitä ei kuitenkaan käytetä anestesiassa, vaan kroonisen neuropaattisen kivun hoidossa, mikä perustuu osittain myös amantadiinin synergistiseen vaikutukseen opioidien kanssa. Paremmin amantadiini tunnetaan viruslääkkeenä (A-virusinfluenssan ehkäisy ja hoito) ja parkinsonin taudin lääkkeenä, jossa sen vaikutus välittyy dopaminergisten mekanismien vahvistumisen kautta.

Opioidit

Opioidien tunnusomaisin piirre on voimakas kipua poistava vaikutus. Siksi niitä käytetään balansoidussa anestesiassa analgeettisena komponenttina. Opioidit sopivat joissain tapauksissa myös yleisanestesian induktioon, varsinkin huonokuntoisilla eläimillä. Postoperatiivisen kivun hoidossa opioideja voidaan käyttää ainoana lääkkeenä. Opioideja on tarkemmin käsitelty luvussa 4.

Steroidianesteetit

Saffan® ja Althesin® -valmisteet ovat kahden steroidirakenteisen nukutusaineen seos. Alfaksaloni on huonosti veteen liukeneva anesteetti, joka kaupallisessa valmisteessa on liuotettu pinta-aktiiviseen aineeseen, kremofori EL:ään. Alfaksaloniin liukenevuus paranee, kun seokseen lisätään toinen steroidi, alfadoloni, jolla on itsellään heikko hypnoottinen vaikutus.

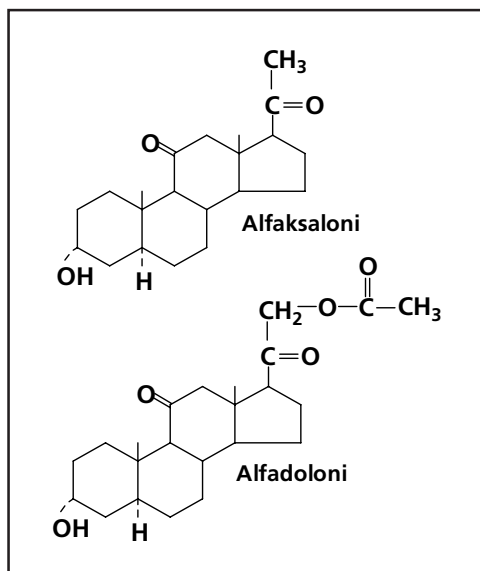
Saffania käytetään pääasiassa KISSOILLA ja MINKEILLÄ. KOIRILLA ja koiransukuisilla eläimillä kremofori EL aiheuttaa anafylaktisen reaktion, joten sitä ei pidä käyttää. Saffanin suurin käytännön etu on mahdollisuus lihaksensisäiseen annosteluun. Liuoksen pH on noin 7, joten se ei ärsytä kudoksia.

Saffan ei kumuloidu elimistöön, sen vaikutus päättyy nopeasti sekä uudelleenjakautumisen että metabolian vuoksi. Vaikutus hengityselimistön toimintaan on vähäinen. Eläimet heräävät nukutuksesta virkeinä ja niiden ruokahalu palautuu nopeasti. Saffan on mm. Englannissa suosittu kissa-anesteetti.

Etomidaatti

Etomidaatti (Hypnomidate®) on imidatso-lijohdannainen. Anestesia alkaa alle minuutissa ja kestää 10–20 minuttia. Vähäisten kardiovaskulaaristen ja respiratoristen

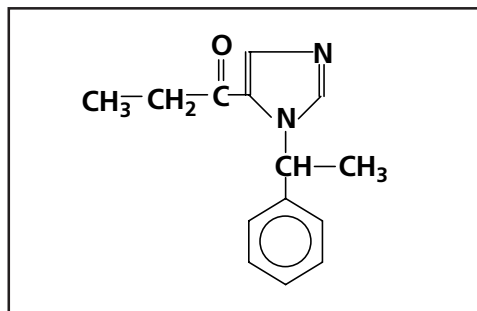
vaikutusten vuoksi sitä voi käyttää esim. sydänvikaisen ja huonokuntoisen KOIRAN tai KISSAN anestesian induktioon laskimon-sisäisesti. Nopeasta metaboliastaan huolimatta etomidaatti ei sovellu anestesian ylläpitoon sen aiheuttaman lisämunaisten toiminnan eston vuoksi. Etomidaatin ei ole todettu herkistävän sydänlihasta rytmihäiriöitä aiheuttavalle vaikutukselle. Valmisteen pohja-aineena on **propyleeni-glykoli**, liuos on emäksistä ja voimakkaasti hyperosmolaarista. Pohja-aineen vuoksi valmiste saattaa aiheuttaa kudosaärsytystä ja hemolyysiä. Etomidaatti ei poista kipua. Se saattaa aiheuttaa eksitaatiota ja kouristuksia, joten betsodiatsepiinien anto esilääkkeenä tai induktion yhteydessä on suotavaa.



Kuva 11-4. Alfaksaloniin ja alfadoloniin rakenteet.

Kloraalihydraatti

Kloraalihydraatin käyttöä sedaatioon ja anestesiaan on käsitelty luvussa 2.



Kuva 11-5. Etomidaatin rakenne.

12. Neste-, elektrolyytti- ja happo-emästäsapaino

Marja Raekallio & Irmeli Happonen

Neste-, elektrolyytti- ja happo-emästäsapainon häiriöt voivat yhdessä anesteettien vaikutusten kanssa aiheuttaa jopa eläimen henkeä uhkaavia vaaratilanteita, joten häiriöitä pitää pyrkiä korjaamaan jo ennen anestesian aloittamista. Anestesian aikaisen ylläpitonesteytyksen lisäksi tilannetta tulee seurata ja häiriöitä tarvittaessa korjata. Anestesian jälkeen nestehoitoa ja mahdollisten häiriöiden korjausta jatketaan, kunnes eläin kykenee itse huolehtimaan nestetasapainostaan. Taulukkoon 12-1 on koottu viitearvoja eri lajeille neste-, elektrolyytti- ja happo-emästäsapainon arvioimiseksi.

Nesteet

Elektrolyyttiliuokset eli **krystalloidit** ovat isotonisia, hypotonisia tai hypertonisia liuoksia. Ne jakautuvat nopeasti kudospäältilaan. Tunnin kuluttua antamisesta vain 20–25 % nestetilavuudesta on jäljellä intravaskulaaritulassa. Yleisesti käytettyjä isotonisia liuoksia ovat esim. Ringerin asestaatti, 0,9 % NaCl, 5 % glukoosi ja 0,45 % NaCl + 2,5 % glukoosi. (5 % glukoosi on kuitenkin biologisesti hypotoninen,

koska glukoosi metaboloituu nopeasti ja jäljelle jää vesi.) Hypertonisia liuoksia ovat esim. 10 %, 20 %, 30 % ja 50 % glukoosi sekä hypertoninen NaCl ja bikarbonaatti. Myös KCl:ia on saatavana konsentraattina, mutta sitä annetaan vain muihin nesteisiin laimennettuna.

Plasmavolyymin lisääjät eli **kolloidit** ylläpitävät kolloidiosmoottista painetta. Niiden molekyylikoko on suuri, joten ne lisäävät voimakkaasti ja pitkäkestoisesti intravaskulaarista nestetilavuutta: 20–30 % on intravaskulaaritulassa vielä 24 tunnin kuluttua. Plasmavolyymin lisääjät ovat joko synteettisiä (esim. hydroksietyylitärkkelys) tai luonnollisia (plasma, kokoveri).

Nestetasapainohäiriöt

Arviointi

Eläimen kliiniset oireet voivat antaa viitteitä hydraatiostatuksen muutoksista. Lievä dehydraatiotila eli kuivuminen (5 %) saattaa näkyä limakalvojen kuivumisena. Vakavammassa tapauksessa (6–8 %) ihon kimmoisuus vähenee, kapillaarien täytty-

Taulukko 12-1. Viitearvoja neste-, elektrolyytti- ja happo-emästäsapainon arvioimiseksi eri eläinlajeilla.

	Koira	Kissa	Hevonen	Nauta
Hkr	0,37–0,55	0,24–0,45	0,24–0,52	0,26–0,42
Hb (g/l)	120–180	80–150	80–180	80–140
S-prot. (g/l) ¹⁾	55–75	54–78	56–76	60–80
Na ⁺ (mmol/l)	135–152	147–156	129–145	135–147
K ⁺ (mmol/l)	3,5–4,9	4,0–5,3	3,2–4,6	3,6–5,0
Ca ²⁺ (mmol/l)	2,2–2,9	2,2–3,0	2,7–3,3	1,9–2,7
Mg ²⁺ (mmol/l)	0,65–1,00	0,8–1,2	0,60–1,00	0,65–1,15
Cl ⁻ (mmol/l)	104–114	115–123	95–107	90–106
pH	7,31–7,42	7,24–7,40	7,32–7,44	7,35–7,50
pCO ₂ (mmHg)	29–42	29–42	38–46	35–44
HCO ₃ ⁻ (mmol/l)	17–24	17–24	24–30	20–30

¹⁾ Plasman proteiineissa on mukana lisäksi fibrinogeeni.

misaika alkaa pidentyä, silmät painuvat syvälle kuoppiinsa ja potilaalla saattaa olla takykardia. Heikko pulssi voi olla merkinä vaikeasta dehydraatiosta (9–15 %).

Kudosperfuusio vaikuttaa kudosten hapen ja ravinteiden saantiin sekä aineenvaihduntatuotteiden poistumiseen. Kudosperfuusion arvioinnissa käytettäviä parametreja ovat limakalvojen väri, kapillaarien täyttymisaika, sydänsyke ja pulssin laatu. Hydratio- ja perfuusiostatus yhdessä antavat hyvän kuvan eläimen tilasta.

Eläimen nestetasapainoa voidaan arvioida myös laboratoriotutkimusten avulla. Tärkeimpiä tutkimuksia ovat perifeerisiä punasoluja mittaavat arvot, hematokriitti, hemoglobiini ja punasolulaskenta, sekä plasman totaaliproteiinit, urea ja kreatiniini. Lisäksi virtsan ominaispainosta voi olla apua nestetasapainon arvioinnissa. Dehydraatio näkyy punasoluarvojen kohoamisena. Näistä varsinkin hematokriitti ja hemoglobiini ovat helppoja ja nopeita määrittää, jos tarvittava välineistö on saatavilla. Kumpi hyvänsä niistä voidaan ottaa seurattavaksi, sillä ne korreloivat hyvin keskenään. Myös muut tilat, kuten anemia, polysytemia tai adrenaliinin vapautuminen voivat vaikuttaa punasoluarvoihin, joten ne eivät yksinään ole luotettavia hydraatioasteen arvioimisessa.

Plasman totaaliproteiinit voidaan nopeasti määrittää refraktometrillä tai kuivakemia-analysaattoreilla (esim. Spotchem®). Proteiinipitoisuus on riippuvainen eläimen hydraatiotilasta, mutta myös muut tilat, kuten hypoproteinemia tai hyperglobulinemia vaikuttavat siihen. Plasman proteiinipitoisuus nousee eläimen kuivuessa ja menettäessä vettä.

Yhdessä **punasoluarvojen** kanssa plasman proteiinipitoisuus antaa melko hyvän kuvan eläimen nestetasapainosta, jos molempien mahdolliset muutokset ovat samansuuntaisia ja -asteisia.

Urea- ja kreatiniiniarvot nousevat nestehukka- ja shokkitiloissa heikentyneen munuaisperfuusion vuoksi (prerenaalinen uremia). Urea voi määrittää veren liuskatestillä (Azostix®) tai pikamäärityksenä

kuivakemia-analysaattoreilla; kreatiniinin määrittäminen tapahtuu pikamääritysmenetelmällä. Urea- ja kreatiniiniarvoja tulkitessa tulee huomioida myös renaalisen ja postrenaalisen uremian mahdollisuus.

Virtsan ominaispain määritetään refraktometrillä ja nestehukkatiloissa se yleensä nousee.

Hoito

Anestesian aikaisen nestehoidon tulisi aina olla laskimonsisäistä. Jos suonihteyttä ei ole, neste voidaan antaa luuytimen sisäisesti (yleensä pennut ja pienet eläimet). Eläimen ollessa lievästi kuivunut neste voidaan antaa ihonalaisesti (vain isotoinen neste).

Nestehoidon suunnittelussa arvioidaan nestevajauksen ja häiriötilojen korjaamisnopeus ja nestetarpeen suurusluokka. Hypovolemia ja hypoglykemia korjataan välittömästi, akuutin dehydraation nestevajaus korvataan 12–24 tunnin aikana. Kroonisessa kuivumistilassa tai potilaalla, jolla on keuhkojen, sydämen tai aivojen toimintahäiriö, 80 % nestevajeesta korvataan ensimmäisten 12–24 tunnin aikana. Kaliumin häiriötilat korjataan melko nopeasti ja natriumin hitaasti. Haptoemastasapainon häiriöt korjataan tuntien kuluessa. Nesteytysnopeus voidaan säätää joko tippafaktorin (tippakoko ilmoitetaan nesteensiirtolaitteen pakkauksessa; esim. 20 gtt = 1 ml) tai infuusiopumpun avulla.

Nestetarve jaetaan ensiaputilanteen nesteytykseen, jolla stabiloidaan potilaan tila (⇒ hypovolemian korjaaminen), korvausvaiheen nesteytykseen, jolla normalisoidaan nestetasapaino, ja ylläpitovaiheen nesteytykseen, jolla turvataan perustarve sekä korvataan jatkuvat menetykset (esim. oksentaminen, ripuli).

Korvaustarpeen nesteen määrä (millilitroina) voidaan laskea kaavalla 12-1 (esim. 5 % x 10 kg x 10 = 500 ml). Jos eläin

$$\text{dehydraatio-\%} \times \text{paino (kg)} \times 10$$

Kaavio 12-1. Korvattavan nestemäärän laskeminen. Tulos saadaan millilitroina.

menettää nestettä jatkuvasti, tulee myös annettavan määrän olla vastaavasti suurempi. Korvausnesteeksi valitaan isotoninen neste, jossa on korkea natrium- ja alhainen kaliumpitoisuus (esim. Ringersteril[®], 0,9 % NaCl).

Perusnestetarve on 40–60 ml/kg/vrk – pienelle eläimelle suurempi, suuremmalle pienempi määrä. Perusnestetarve voidaan myös laskea kaavalla $30 \text{ ml/kg} + 70 = \text{ml/vrk}$, joka on nykykäsityksen mukaan tarkempi. Lämmön nousu yhdellä asteella lisää tarvetta 10 %:lla. **Jatkuvat menetykset** arvioidaan mahdollisimman tarkasti ja kerrotaan kahdella. Ylläpitoneste sisältää vähän natriumia (0,3–0,45 %) ja paljon kaliumia (20 mmol/l) (esim. 0,45 % NaCl cum 2,5 % glucos + kaliumlisä).

Dehydraatiota voidaan em. mukaisesti hoitaa tasapainotetuilla elektrolyyttiliuoksilla, kuten Ringer-asetaatilla tai -laktatilla, jos vakavia elektrolyytti- tai happo-emästasapainon häiriöitä ei ole. Jos seerumin proteiinipitoisuus on alle 30–35 g/l (hevosella 40 g/l), pitää lisäksi antaa plasmata (⇒ luku 13) tai plasman korvikkeita kuten hydroksietyylitärkkelystä, sillä hypoalbuminemisella eläimellä vesi ei pysy suonistossa, vaan aiheuttaa helposti diureesia tai ödeema. Varsinkin nukutetun tai makaavan eläimen liikaa tai liian nopeaa nesteyttämistä tulee varoa, koska sille voi kehittyä keuhkoödeema. Suositeltu infuusionopeus tavallisen leikkauksen aikana on 10 ml/kg tunnissa, sekä lisäksi arvioitu verenhukan tilavuus 2–3-kertaisena. *Laparotomian, torakotomian* ja murtumien korjauksien yhteydessä, tai jos eläimellä on aktiivinen diureesi, lievä hypovolemia tai hypotensio, voidaan antaa 20 ml/kg tunnissa.

Vakavassa hypovolemiassa tai verenpaineen ollessa hyvin alhainen voidaan nestettä antaa 10–40 ml/kg 10–30 minuutin aikana, kunnes oireet helpottuvat. Jos virtsan erityy on riittämätön (alle 1–2 ml/kg tunnissa), pitää nestettä antaa nopeasti 20–40 ml/kg. Shokkitila korjataan antamalla täysi verivolyymi ensimmäisen tunnin aikana (koira n. 90 ml/kg, kissa n. 40–60 ml/kg, hevonen n. 80 ml/kg). Jos annetaan

lisäksi plasmavolyymiin lisääjää, elektrolyyttiliuoksen määrä on pienempi (koira 35–55 ml/kg, kissa 24–36 ml/kg). Nestehoidossa tulee olla varovainen eläimillä, joilla on todettu aivovamma, keuhkovaurio tai kongestiivinen sydänvika.

Vakavaa nestevajetta voi varsinkin suurikokoisilla eläimillä (esim. hevoset) olla vaikeaa korjata nopeasti ennen anestesian aloittamista. Suonensisäisesti annettu **hypertoninen NaCl** lisää nopeasti suonissa kiertävän nesteen määrää, sillä osmolaarisuuden nousun vuoksi vettä siirtyy intraselulaaritalasta ekstrasellulaaritalaan. Sydämen supistumisvoima kasvaa ja verenpaine nousee. Hypertonista NaCl:a voidaan antaa esim. 3, 5 tai 7 % liuoksena. Tavallisimmin käytetty on kuitenkin 7,2 % liuos, jota annetaan 4–6 ml/kg suonensisäisesti vähintään 15 min kuluessa. Mahdollisia keuhkoödeeman oireita tulee tarkkailla. Hypertoninen NaCl lisää myös virtsan erityy, joten virtsan mukana menetetty neste, samoin kuin potilaan todellinen nestevaje on korvattava isotonisella nesteellä seuraavan 1–2 tunnin aikana. Hypertonista nestettä ei saa antaa, jos potilaalla on kontrolloimaton verenvuoto, hyperosmoottinen tila tai hypokalemia.

Elektrolyttitasapainohäiriöt

Elektrolyytit ovat tärkeitä elimistön nestetasapainon ylläpitämisessä. Ne osallistuvat myös moniin keskeisiin solun toimintoihin. Elektrolyttitasapaino voi häiriytyä oksentelun, ripulin tai pitkän paaston seurauksena, mutta myös esim. munuaisvika ja monet endokriiniset sairaudet, kuten sokeritauti tai häiriöt lisämunuaiskuoren tai kilpirauhasen toiminnassa, voivat vaikuttaa siihen.

Natrium

Na⁺ on ekstrasellulaarinnesteen tärkein kationi ja osmoottisuuden säätelijä, ja se säätelee siten myös koko elimistön vesitasapainoa. Seerumin tai plasman Na⁺:n määrittäminen antaa hyvän kuvan elimistön Na⁺-konsentraatiosta, mutta Na⁺:n kokonaismäärän häiriöt eivät ehkä näy, jos

Taulukko 21-2. Kaliumin korvaustaulukko pieneläimille

S-K ⁺ (mmol/l)	mmol K ⁺ (lisätään 500 ml:aan nestettä)	Max. i.v.-infuusionopeus (ml/kg/h)
<2,0	40	6
2,1–2,5	30	8
2,6–3,0	20	12
3,1–3,5	14	18

nestetasapaino on samalla häiriintynyt, mikä on tavallista.

Hyponatremian oireita ovat yleinen heikkous, depressio, ruokahaluttomuus, oksentelu, ja alhainen verenpaine. Oireet riippuvat enemmän muutoksen nopeudesta kuin sen suuruudesta. Akuutti, vakava hyponatremia on erittäin harvinainen. Tavallisin syy hyponatremiaan on hypovoleeminen tila, joka johtuu Na⁺-menetyksestä ruoansulatuskanavaan (oksentelu, ripuli), munuaisten kautta (esim. aldosteronin puute, hypoadrenokortisismi), kolmanteen tilaan (esim. peritoniitti, pankreatiitti) tai ihon kautta (esim. palovammat). Perustaudin oireet dominoivat yleensä, jos hyponatremia kehittyy hitaasti. Hoidoksi annetaan runsaasti Na⁺:ia sisältäviä liuoksia. Yleensä fysiologinen (0,9 %) NaCl on riittävä. Vajauksen korjaukseen tarvittava Na⁺-määrä (mmol) voidaan laskea kaavan 12-2 avulla. Vajaus korvataan hitaasti 24 tunnin aikana, kuitenkin niin että Na ei saisi nousta yli 10 mmol vuorokaudessa aivovaurion välttämiseksi.

Hypernatremiaa ei periaatteessa tavata, jos eläin pystyy juomaan riittävästi puhdasta vettä. Jos juottaminen ei ole mahdollista, voidaan hoitona antaa esim. 5 % **glukoosiliuosta**. Liian nopea korjaus voi joutaa aivoödeemiin.

Kalium

K⁺ on tärkein solunsisäinen kationi, ja se ylläpitää intrasellulaarimesteen osmoottis-

ta painetta. Samalla se osallistuu membraanipotentiaalien muodostumiseen ja on siten välttämätön hermo- ja lihassolujen toiminnassa. Plasman tai seerumin K⁺-pitoisuuden määrittäminen ei anna suoraa tietoa K⁺:n solunsisäisestä konsentraatiosta, sillä esim. asidoottisella eläimellä K⁺:a kulkeutuu solun sisältä ekstrasellulaariseen, jossa pitoisuus voi olla hyvinkin korkea, vaikka eläimellä olisi K⁺:n vajausta elimistössään.

Hyperkalemiaan täytyy reagoida, jotta se sitten elimistön todellisen K⁺-määrän noususta tai soluissa olevan kaliumin vapautumisesta, sillä liian korkea pitoisuus ekstrasellulaarimesteessä on toksinen aiheuttaen sydämen rytmihäiriöitä ja myokardiumin depressiota. Hoitona on periaatteessa hyperkalemian syyn hoito. Jos potilaan tila on uhkaava, voidaan **glukoosia** ja **insuliinia** antamalla lisätä K⁺:n kuljetusta soluihin. Mahdollista asidoosia (pH<7.1) hoidetaan tarvittaessa **natriumbikarbonaattiliuoksella** (1–2 mmol/kg) mikä myös vie kaliumia soluihin. Hyperkalemian sydänvaikutuksia voidaan tilapäisesti lievittää antamalla **kalsiumia** 0,25–0,5 mmol/kg tunnissa (KOIRILLE 10 % kalsiumia 0,5–1,5 ml/kg, KISSOILLE 0,2–0,5 ml/kg hitaasti i.v.).

Hypokalemian oireisiin kuuluvat lihasheikkous ja paralyysi, suoliston ileus ja toisinaan muutokset EKG:ssä. Suun kautta K⁺:a voidaan antaa 1 mmol/kg päivässä (75 mg/kg KCl). Jos tämä ei ole mahdollista, voidaan sitä lisätä myös infuusionestee-

$$[140 - \text{mitattu Na}^+ (\text{mmol/l})] \times \text{paino (kg)} \times 0,3$$

Kaavio 12-2. Korvattavan Na⁺-määrän laskeminen. Tulos saadaan millimooleina.

seen 20–40 mmol/l edellyttäen, että munuaiset toimivat normaalisti. K⁺:a ei pitäisi antaa suonensisäisesti yli 0,25–0,5 mmol/kg tunnissa. Samalla pyritään hoitamaan myös muita neste-, elektrolyytti- ja happo-emästasapainon häiriöitä sekä hypokalemian perussyitä.

Kalsium

Ca²⁺:lla on tärkeä osa mm. neuromuskulaarisessa ja solukalvojen toiminnassa sekä veren hyttymisessä.

Hyperkalsemia aiheuttaa muutoksia sydämen ja verenkiertoelimistön, munuaisten, ruoansulatuskanavan ja keskushermoston toimintaan. Lisääntynyt herkkyys kammiovärinän kehittymiseen pahentaa anestesian riskejä. Jos eläimellä on kliinisiä hyperkalsemian oireita (esim. polydipsia/polyuria, anoreksia, oksentelu, depressio, ärtyneisyys, heikkous, lihasten nykiminen, kouristelu, rytmihäiriöt), pitäisi sitä hoitaa ennen anestesiaa. Veren Ca²⁺-pitoisuutta vähentävät myös Ca²⁺:a sisältämättömien nesteiden (esim. 0,9 % NaCl) ja diureettien (esim. furosemidi) antaminen, **glukokortikoidit** ja **natriumbikarbonaatti**.

Hypokalsemia aiheuttaa kouristuksia, lihasvärinää, liikehäiriöitä, hypertermiaa, takykardiaa ja muutoksia EKG:ssa. Hoidoksi voidaan antaa Ca²⁺-suoloja, esim. koiralle voidaan tarvittaessa antaa 0,5–1,5 ml/kg 10 % kalsiumia ja kissalle 0,2–0,5 ml/kg hitaasti i.v.

Magnesium

Mg²⁺:a tarvitaan solujen energiansiirroissa, neuromuskulaarisessa toiminnassa, lämmönsäätelyssä ja proteiinien synteesissä. Happo-emäs-tasapaino, Ca²⁺ ja aldosteroni vaikuttavat solunsisäisen ja -ulkoisen Mg²⁺:n suhteeseen.

Hypermagnesemia on harvinainen tila, ja se liittyy usein munuaisvaurioihin. Sen oireita ovat lihasheikkous, depressio, hypotensio, bradykardia ja muutokset EKG:ssa. Hoidoksi voidaan antaa kalsiumia.

Hypomagnesemialle tyypillisiä oireita ovat inkoordinaatio, yliärtyvyys, lihasväri-

nä, kouristukset ja depressio. Hoitona annetaan magnesiumia.

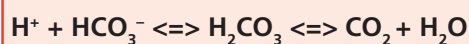
Kloridi

Cl⁻ on kudosten tärkein anioni. Se reabsorboituu passiivisesti Na⁺:n mukana munuaistubuluksissa, jolloin elektroneutraliteetti säilyy. Jos Cl⁻:a ei ole riittävästi saatavilla, Na⁺ imeytyy vaihtamalla K⁺- ja H⁺-ioneihin. Tästä on seurauksena asiduria ja metabolinen alkaloosi. Runsaasti Cl⁻:a sisältävien nesteiden antaminen tässä tilanteessa sekä korjaa hypokloremiaa että vähentää K⁺- ja H⁺-ionien menetystä ja alkaloosia.

Happo-emästasapainohäiriöt

Solujen entsyymit pystyvät yleensä toimimaan vain tietyissä, kapeissa pH-rajoissa. Melko pienetkin muutokset elimistön pH:ssa voivat haitata merkittävästi niiden toimintaa, ja vakavammat muutokset aiheuttavat jo palautumattomia soluvaurioita. Tärkeimmät plasman pH:n muutoksia vastustavat säätelyjärjestelmät ovat kemialliset puskurit (välitön vaste) eli bikarbonaatti-hiilihappo-, fosfaatti- ja proteiini-puskurit, metaboliset säätelyjärjestelmät kuten glykolyysin säätely, respiratorinen säätely (vasteaika minuutteja) ja renaalinen säätely (vasteaika tunteja–vuorokausia).

Veren hiilihappo- ja siten myös bikarbonaattipitoisuus ovat riippuvaisia kaasujen vaihdosta keuhkoissa (kaavio 12-3). Samalla, kun hiilidioksidia poistuu elimistöstä, myös vapaiden H⁺-ionien määrä vähenee ja pH nousee. Hengityskeskus reagoi sekä veren hiilidioksidin osapaineen (pCO₂) että pH:n muutoksiin, ja hengitys kiihtyy, jos pH putoaa huomattavasti alle normaalin tason, vaikka CO₂-osapaine olisikin normaali. Happo-emästasapaino tutkitaan valtimotai laskimoverinäytteestä verikaasuanalyysi-



Kaavio 12-3. Bikarbonaatin muuttuminen hiilidioksidiksi ja päinvastoin.

sin avulla (vaatii verikaasuanalysointia). Muulloin arviointi perustuu lähinnä sairauksien tuntemiseen: missä sairauksissa esiintyy happo-emästasapainon häiriötiloja ja millaisia.

Monet rauhoitusaineet ja anesteetit sekä keskushermoston sairaudet (esim. trauma) lamaavat hengityskeskusta, ja alveoliituutus vähenee. Tällöin veren $p\text{CO}_2$ nousee ja pH laskee, eli kehittyy **respiratorinen asidoosi**. Syynä voi myös olla hengityksen häiriintyminen keuhkojen parenkyymien sairauksissa (esim. pneumonia, ödeemi). Lisäksi rintakehän vauriot ja hengitysteiden tukokset voivat aiheuttaa hypoventilaatiota. Tilaan voi liittyä takykardia, verenpaineen aleneminen ja vireystilan heikkeneminen. Anestesian aikana asidoosin ja lääkeaineiden yhteisvaikutus herkistää sydäntä rytmihäiriöille. Respiratorinen asidoosi korjataan tehostamalla keuhkojen tuule- tusta avustamalla hengitystä joko käsin tai koneellisesti. Jos tilan perussyynä on jokin sairaus, hoidetaan samalla tietysti myös sitä.

Respiratorinen alkaloosi kehittyy siten, että eläin hyperventiloii esim. kivun tai jännityksen vuoksi. KOIRALLE se voi kehittyä myös voimakkaan läähättämisen seurauksena. Tällöin veren $p\text{CO}_2$ alenee ja pH nousee. Eläin voi hyperventiloida myös hapenpuutteen vuoksi, jolloin hapen saannin turvaaminen auttaa.

Metabolinen asidoosi johtuu siitä, että eläin menettää ekstrasellulaariseen bikarbonaattia. Se voi olla seurausta ripulista, suoliston tukoksesta tai lamaantumisesta, jolloin ruoansulatusnesteiden bikarbonaatti ei pääse imeytymään suolistosta. Muita syitä ovat esim. ketoosi, sokeritauti (diabeettinen ketoasidoosi), munuaisvika, shokki ja solujen hypoksia. Hengityskeskus vastaa pH:n alenemiseen kiihdyttämällä hengitystä, ja kehittyy kompensatorinen respiratori-

nen alkaloosi, eli pH nousee lähelle normaalia, mutta samalla $p\text{CO}_2$ alenee. Metabolinen asidoosi laukeaa yleensä, kun perustauti on saatu hoidettua. Nestehoidoksi riittää yleensä Ringer-asettaatti. Vakavaa metabolista asidoosia ($\text{pH} < 7,15$) hoidetaan antamalla eläimelle väkevää tai isotoniasta **natriumbikarbonaattia**. Tarve voidaan laskea kaavalla 12-4. Jos on vahva epäily metabolisesta asidoosista, mutta verikaasuanalyysiin ei ole mahdollisuutta, voidaan bikarbonaattia antaa 1–2 mmol/kg. Bikarbonaatin annostelu tapahtuu hitaasti (20–30 min aikana) ja varoen (ei kaikkea kerralla) monitorointia apuna käyttäen.

Metabolinen asidoosi pitää yrittää korjata ennen anestesiaa, sillä anesteettien aiheuttama hengityksen lamaantuminen voi pahentaa asidoosia ja estää sen kompensoitumisen respiratorisesti.

Metabolisessa alkaloosissa ekstrasellulaarinsteessä on epänormaalin suuria määriä bikarbonaattia. Elimistö kompensoi pH:n nousua lammaamalla hengitystä, jolloin kehittyy kompensatorinen respiratorinen asidoosi ja pH laskee lähelle normaalia, mutta $p\text{CO}_2$ nousee. Tavallisimpia metabolisen alkaloosin syitä ovat märehitijöiden ruoansulatushäiriöt, ruoansulatuskanavan alkuosassa olevat tukokset, kuten märehitijöiden juoksumahan laajentuma tai KOIRAN mahalaukun kiertymä sekä voimakas oksentelu, joissa kaikissa menetetään suolahappoa. Hoitona on perussyyn poistaminen. Metabolinen alkaloosi voi kehittyä myös kompensoimaan pitkään jatkunutta respiratorista asidoosia.

Nopeasti alkaneet ja vakavat happo-emästasapainon häiriöt hoidetaan mahdollisimman pian, mutta kroonisia ja lieviä muutoksia korjataan vähitellen samalla, kun muutosten perussyyt pyritään hoitamaan. Muutosten liioiteltua korjausta ohi viitearvojen (taulukko 12-1) tulee välttää.

$$\text{HCO}_3\text{-vaje (mmol/l)} \times \text{paino (kg)} \times 0,3$$

jossa $\text{HCO}_3\text{-vaje} = \text{normaali } \text{HCO}_3 - \text{mitattu } \text{HCO}_3$

Kaavio 12-4. Korvattavan bikarbonaattimäärän laskeminen. Tulos saadaan millimoolleina.

13. Veri ja verivalmisteet

Koira ja kissa

Anna-Kaisa Järvinen

Veren tai sen ainesosien korvaaminen verensiirrolla voi pelastaa potilaan hengen mm. joissakin leikkauksissa, hyytymishäiriöissä ja vammoissa. Verensiirto voi olla myös potentiaalisesti vaarallinen hoitomuoto, joka voi johtaa potilaan tilan pahenemiseen. Koska menetelmä on kallis ja työläs, tulisi käytölle olla selvät indikaatiot ja eläinlääkärillä perustietous veriryhmistä, veren ottoon, säilytykseen ja antoon liittyvästä tekniikasta sekä sivuvaikutuksista, sillä niiden tunteminen yleensä estää henkeä uhkaavien komplikaatioiden kehittymisen. Viime vuosina on tehty paljon tutkimustyötä erityisesti lemmikkieläinten verensiirtoon, veriryhmiin, immunohepatologisiin tapahtumiin sekä erilaisten verit tuotteiden valmistukseen ja säilytykseen liittyvistä asioista.

Veriryhmät

KOIRALLA on punasolun pinnalta tunnistettu kahdeksan spesifistä antigeeniä, joiden mukaan veriryhmät määräytyvät. Koirien veriryhmiä merkitään lyhenteillä DEA (dog erythrocyte antigen) 1.1 (= A1), DEA 1.2 sekä DEA 3, 4, 5, 6, 7 ja 8. Nämä kaikki voivat stimuloida spesifien vasta-aineiden tuotannon (isoantibodit); kuitenkin ryhmällä DEA 1.1 on suurin potentiaalinen kyky stimuloida vasta-ainetuotantoa. Tästä voi aiheutua ongelmia verensiirtopotilaille toistuvissa verensiirroissa. Yliopistollisessa eläinsairaalassa toimivassa veripankissa tutkitaan luovuttajakoirien veri DEA 1.1:n varalta pikatestillä (Rapidvet-H, Agrolab), ja jos vastaanottajan veriryhmä ei ole tiedossa, annetaan DEA 1.1-negatiivista verta. Kliinisesti merkittäviä reaktioita voi seurata myös DEA 1.2:sta. Verensiirtoreaktiot muille veriryhmäantigeeneille ovat yleensä merkityksettömämpiä.

Koirista n. 40 %:lla on DEA 1.1 -antigeeni. DEA 1.1 -negatiivinen koira herkistyy ensimmäisellä kerralla saatuaan DEA 1.1 -positiivisia soluja. Seuraava verensiirto positiivisella verellä voi aiheuttaa vakavan immunologisen reaktion ja siirrettyjen solujen välittömän agglutinaation ja hemolyyysin. Luonnollisia vasta-aineita (alloantibodeja) ei veriryhmille DEA 1.1 ja 1.2 ole, joten ongelmia ei esiinny ensimmäisellä verensiirtokerralla. Jopa n. 50 %:lla koirista on todettu esiintyvän luonnollisia vasta-aineita DEA 7-veriryhmälle, joista voi tulla heikko reaktio, kun DEA 7 -negatiivisille koirille annetaan DEA 7 -positiivista verta. Veriryhmämäärityksiä on saatavilla kaikille muille paitsi ryhmille DEA 6 ja 8.

KISSOILLA on AB-veriryhmäjärjestelmä, jossa on 3 veriryhmää: A, B ja AB. Ryhmä A on yleisin ja esimerkiksi siamilaisilla ja burmankissoilla on todettu vain A-veriryhmää. Kotikissoilla esiintyy A- ja B-veriryhmiä, mutta mm. maantieteellisesti on eroja ryhmien yleisyydessä. B-veriryhmä on selvästi A:ta harvinaisempi ja AB on erittäin harvinaisen. A-veriryhmän kissoilla on pieniä määriä luonnollisia B-ryhmän vasta-aineita, joista ei ensimmäisellä verensiirtokerralla yleensä ole haittaa. Sen sijaan B-ryhmän kissoilla on runsaasti luonnollisia anti-A-vasta-aineita, jotka aiheuttavat voimakkaan agglutinaation ja hemolyyysin, jos B-ryhmän omaavalle kissalle annetaan A-verta. Myös meillä Suomessa on kissojen veriryhmien tutkimiseen saatavilla kaupallisia reagensseja.

Jos veriryhmiä ei pystytä määrittämään, tulee välttää toistuvia verensiirtoja sekä verensiirtoja siitosnartuille.

Ristikokeilla ("major crossmatch" ja "minor crossmatch") voidaan tutkia annetun veren sopivuus saajalle. Ainakin tulisi

suorittaa "major crossmatch" -koe luovuttajan punasoluja ja saajan plasmaa tai seerumia käyttäen. Objekttilasille laitetaan kaksi tippaa vastaanottajan seerumia tai plasmaa ja lisätään kaksi tippaa luovuttajan 3–5 % NaCl-punasolususpensiota ja lasia käännettään varovasti. Hemolyysi tai agglutinaatio epäsovivien verien välillä näkyy muutamassa minuutissa. Alhaisemmat vasta-ainetasot saadaan esiin inkuboimalla luovuttajan 3 kertaa pestyjen punasolujen 3–5 % NaCl-suspensiota ja samaa määrää (1–2 tippaa) vastaanottajan plasmaa kuoppalevyllä tai koeputkessa 37 °C:ssa. Mahdollinen hemolyysi tai agglutinaatio tutkitaan 15 ja 30 minuutin kuluttua.

Tiine eläin voi immunisoitua jälkeläisenä punasoluja vastaan, jolloin emän veren tai plasman siirtäminen vastasyntyneelle voi olla vaarallista. Tämän vuoksi vastasyntyneen verensiirrossa on ristiintestaus tehtävä myös toiseen suuntaan, ettei luovuttajan seerumi agglutinoi tai hemolysoi vastaanottajan verisoluja.

Käytäntöön soveltuva vaihtoehto on antaa potilaalle hitaasti pieni verimäärä ja odottaa 5–10 minuuttia. Jos mitään verensiirtoreaktiota (⇒ s. 125) ei kehity tässä ajassa, voidaan todennäköisesti loputkin verestä antaa turvallisesti.

Veren otto, säilytys ja siirto

Antikoagulanttina ja veren säilymistä parantavana aineena on aiemmin yleisesti käytetty hapanta sitraatti-glukoosiliuosta (ACD-liuos). Seosta, jossa on 1 osa ACD-liuosta ja 5 osaa verta, voi säilyttää 2–3 viikkoa jääkaapissa, ja siirretyt punasolut säilyvät edelleen normaalisti vastaanottajan veressä (siirrettyjen punasolujen elinikä on yleensä 80–100 vrk). Nykyään yleisimmin verenottoon suositellaan sitraatti-fosfaatti-glukoosi-adeniiniliuosta (CPDA-1), joka pidentää veren säilymisajan jääkaapissa n. 5–6 viikkoon. Jos on mahdollisuus erotella veren komponentteja, tulisi nämä käsitellä lisäksi muilla säilytysaineilla.

Jos veri siirretään vastaanottajalle heti verenoton jälkeen, voidaan käyttää 2,5–

4,0 % natriumsitraattiliuosta suhteessa 1 osa Na-sitraattia 9 osaa verta. **Hepariini** (Heparin®) on myös tehokas antikoagulantti annoksella 5–15 yksikköä/ml verta (riittää kun verenottoruisku kostutetaan). Jos hepariinivertaa ei käytetä välittömästi, säilyy se siirtokelpoisena jääkaapissa 48 tuntia. Heparinin on todettu aiheuttavan trombosyyttien aggregaatiota ja hyytymistekijöiden inaktivoitumista.

Verenottoon suositellaan käytettäväksi terveitä eläimiä, joiden rokotus- ja muut toimenpiteet ja mikäli mahdollista, veriryhmät, ovat tiedossa. KOIRALTA voi ottaa verta n. 20 ml/kg, ja KISSALTA n. 11 ml/kg toistuvasti kolmen viikon välein.

Verenottoon soveltuvat KOIRALLA parhaiten v. *jugularis* ja *cephalica* sekä a. *femorialis*, KISSALLA v. *jugularis*. Pistosalueelta ajetaan karvat ja alue desinfioidaan. Jos eläin lopetetaan verenoton yhteydessä, veri voidaan ottaa nukutetulta eläimeltä suoraan sydäimestä, jolloin 25 kg painavalta KOIRALTA voidaan saada n. 1 l ja 5 kg painavalta KISSALTA n. 150 ml verta.

Muovinen verenottovälineistö on suositeltavampi kuin lasinen, koska lasi aiheuttaa trombosyyttien ja joidenkin hyytymistekijöiden aktivoitumisen. Kaupallisia muovisia verenottopusseja ja muuta erikoisvälineistöä on saatavilla sekä KOIRAN että KISSAN verensiirtoon. Valmiissa pakkauksissa on myös mahdollisuus lisävarusteilla veren eri komponenttien erottamiseen ns. suljetussa systeemissä, mikä mahdollistaa eri tilanteiden vaatiman verituotteen valinnan. Näin on mahdollisuus valmistaa punasoluvalmisteita, jotka säilyvät 2–8 °C:ssa 5–6 viikkoa ja plasmaa, joka jääkaappilämpötilassa 1–6 °C:ssa säilyy 4 viikkoa ja pakastettuna (<-18 °C) n. 1 vuoden. Jos verenotosta pakastamiseen menee aikaa yli 8 tuntia tai plasmaa säilytetään pakastettuna yli vuoden, ovat labiilit hyytymistekijät (mm. VIII eli hemofilia A-tekijä) inaktivoituneet, mutta K-vitamiinista riippuvien hyytymistekijöiden (II, VII, IX ja X) aktiivisuudet ovat tallella plasmassa jopa 4 vuotta. Samoin säilyvät immunoglobuliinit ja antitrombiini III.

Ottovaiheessa tulee antikoagulanttia sisältävää pussia, pulloa tai ruiskua varovasti sekoittaa, varsinkin, jos ei ole käytettävissä imua. Yliopistollisessa eläinsairaalassa on veren käsittelyyn käytettävissä erikoisvälineistöä, kuten sekoitin, sentrifuugi sekä puristin punasolujen ja plasman erotteluun. Jääkaapissa säilytetty veri tulee ennen siirtoa jälleen varovasti sekoittaa ja lämmittää mieluiten huoneenlämmössä 30 min tai hätätilanteessa 37 °C:n vesihauteessa (lämpimämpää vesihaudetta ei saa käyttää). Kylmä veri voi aiheuttaa hypotermiaa (anestesiassa eläin saattaa jo muutenkin olla hypoterminen). Lisäksi kylmyys hidastaa selvästi veren virtausnopeutta.

Siirtolaitteissa tulee käyttää suodatinta (huokoskoko <200 µm), joka estää hyytymien ja muiden isojen partikkelien pääsyn potilaan vereen. Tällaisia erityisesti verensiirtoon tarkoitettuja siirtolaitteita on kaupallisesti saatavilla.

Veri infusoidaan laskimoon 4 tunnin aikana. Vastasyntyneille KOIRAN- ja KISSANPENNUILLE joudutaan veri siirtämään joko luuytimeen (reisi- tai olkaluu) tai vatsaonteloon.

Autotransfuusiossa potilaalle siirretään sen omaa verta. Veri kerätään ennen leikkausta laskimosta, kun tiedetään, että leikkauksessa tullaan menettämään runsaasti verta. Jos rinta- tai vatsaonteloon vuotaa runsaasti verta, voidaan tämä kerätä talteen ja käyttää verensiirtoon. Antikoagulanttia ei tarvita, jos veri on ollut ontelossa yli 45 minuuttia. Autotransfuusio on kontraindisoitu, jos veri on kontaminoitunut bakteereilla, kasvainsoluilla tai esim. virtsalalla. Onteloista saadun veren siirrolla on runsaasti mahdollisia komplikaatioita, esim. hemolyyysi, tulpat ja disseminoitu intravas-kulaarinen koagulaatio, joten suodatinta tulee käyttää annon yhteydessä.

Indikaatiot ja annostus

Verenvuotoshokki

Punasoluvalmisteen (yhdistettynä fysiologisen NaCl-liuosinfuusion tai plasmankorvikkeiden kanssa kolmitiehanan kautta)

tai kokoveren anto on indikoitua voimakkaissa shokkiin johtavissa verenvuodoissa (>30–40 %:n verenhukka), kun sekä kiertävän veren volyyymi että hapenkuljetuskyky laskevat äkillisesti. Lievemmissä vuotoissa riittää hypovolemian korjaukseen elektrolyyttiliuosten infusointi.

Verenhukan asteen arvioimiseksi tutkitaan potilaan limakalvojen väri ja kapillaarien täyttymisaika, verenpaine ja verikaasut, jos se on mahdollista, sekä veren hematokriittiarvo. Tosin hematokriitti pysyy äkillisen vuodon jälkeen 6–12 tunnin ajan normaalina.

Verenvuotoshokissa olevalle potilaalle siirrettävän veren määrä ja antonopeus vaihtelevat suuresti, yleensä rajoissa 10–20 ml/kg. Annos voidaan toistaa tarpeen mukaan. Tavoitteena on pitää hematokriittiarvo korkeampana kuin 0,20.

Yleensä elektrolyyttiliuoksen infuusio aloitetaan samanaikaisesti punasoluvalmisteen tai veren annon kanssa volyymin korjaamiseksi. Nesteinfuusio on suoritettava eri siirtolaitteen kautta, jos käytetään kalsiumia sisältäviä liuoksia (Ringerin liuos), koska veren rekalsifikaatio voi aiheuttaa hyytymiä. Glukoosiliuoksen on todettu aiheuttavan autoagglutinaatiota ja/tai hemolyyysiä annettuna saman siirtolaitteen kautta veren kanssa. Elektrolyyttiliuoksia tehokkaampia hypovolemian korjaajia ovat kolloidiliuokset (tärkkelys- ja gelatiiniliuokset) sekä plasma.

Anemiat

Ei-regeneratiivisissa anemioissa verensiirto saattaa olla indikoitua oireenmukaisena hoitona, jos anemiaan ei ole spesifistä hoitoa ja eläimellä on oireita hapenpuutteesta. Oireita alkaa ilmaantua yleensä hematokriitin laskiessa 10–15 prosenttiin (B-Hkr 0,10–0,15), jolloin hemoglobiini-arvo laskee vastaavasti (B-Hb = 50–60 g/l). Mikään yksittäinen hemoglobiiniarvo ei yksinään varmista hapenpuutetta, sitä saattaa ilmetä jo edellä mainittua korkeammallakin punasoluarvoilla. Muina kudosten hapenpuutteen objektiivisina merkkeinä voi-

daan käyttää seerumin laktaattipitoisuuden määrittystä (laktaattiarvot >2,5 mmol/l) sekä happoemästatapainon mittausta. Metabolinen asidoosi, jossa on suurentunut anioniero, eikä potilaalla ole diabeettista ketoasidoosia tai munuaisvikaa, voi viitata kudoshypoksiaan.

Siirrettyjen punasolujen ikä on lyhyempi kuin normaalien ja verensiirrosta saatava apu on väliaikainen, jos omassa punasolutuotannossa on vikaa. Nukutettaville ja leikkauspotilaille suositeltu minimihematokriittiarvo on 0,20–0,30. Verensiirto anemia-potilaalle suositellaan annettavaksi n. 2 vrk ennen anestesiaa ja leikkausta. Ylinesteyksestä mahdollisesti johtuvat komplikaatiot eivät tällöin satu anestesian aikaan, ja keuhkojen vitaalikapasiteetti on mahdollisimman hyvä. Optimaalisinta on punasoluvalmisteen käyttö. Jos verenhukka leikkauksen aikana on voimakas, kannattaa harkita autotransfuusiota. Siirtoon tarvittavan veren määrää voidaan arvioida kaaviosta 13-1. Punasoluvalmisteen hematokriittiarvo on yleensä n. 0,60–0,80 ja kokoveren n. 0,35–0,55.

Immuunivälitteisissä hemolyyttisissä anemioissa (IMHA) on immunosuppressiivinen lääkitys tärkein hoitomuoto. Verensiirto on indikoitu anemisessä kriisissä henkeä pelastavana toimenpiteenä, kun eläimelle on kehittynyt hypoksian oireita. Verensiirto immuunivälitteistä hemolyyttistä anemiaa sairastavalle eläimelle ei nykykäsityksen mukaan kiihdytä hemolyyysiä, mikäli käytetään DEA 1.1 - negatiivista verta. Keinoverta eli oksiglobiiniliuosta on josakin määrin käytetty hypoksiatiloissa tur-

vaamaan elinten hapensaantia. Niiden korkea hinta on tällä hetkellä eräs merkittävä este käytön yleistymiselle.

Hyytymishäiriöt

Disseminoitu intravaskulaarinen koagulaatioyndrooma (DIC) voi käynnistyä monesta eri syystä myös anestesian aikana, mm. tromboplastiinin vapautuessa kudovaurioissa. Hoidon periaatteina ovat perussyyn poistaminen sekä tehokkaan kapillaarivirtauksen aikaansaaminen ja ylläpito nestehoidolla (kolloidit ja elektrolyyttiliuokset). Vuotavalle DIC-potilaalle annetaan tuoretta kokoverta tai pakastettua tuoreplasmaa, jolla pyritään saamaan fibrinogeenitaso ja trombosyyttimäärä normaaleiksi sekä varmistamaan hepariinin toiminnan edellytyksenä olevan antitrombiini III:n pitoisuus veressä. **Hepariinia** (Heparin®) käytetään tarvittaessa veritulpien estoon. Jos ei ole mahdollista seurata hepariinin vaikutuksia hyytymätutkimuksilla, suositellaan niin sanottua miniannosta, joka on 5 µg/kg s.c. Ohjeet ovat vain suuntaa-antavia, sillä tilan arvioinnissa on trombosyyttimäärän, hyytymistestien, fibrinogeenin hajoamistuotteiden sekä antitrombiini III:n pitoisuuksien tutkiminen suotavaa.

Hemofilia A:ssa (tekijä VIII:n hyytymisaktiivisuuden puute) ja **von Willebrandin taudissa** (tekijä VIII:n von Willebrandin tekijän puute) voi potilaan hyytymishäiriö tulla esille ensimmäistä kertaa anestesian ja leikkauksen aikana. Von Willebrandin tauti (vW-tauti) on tyypillisesti lievä hyytymishäiriö, jonka oireet voivat olla lähes huoma-

Verensiirtoon tarvittava määrä antikoagulanttiverta (ml) =

$$\left. \begin{array}{l} \text{KOIRAPOTILAAN paino (kg) x 90} \\ \text{KISSAPOTILAAN paino (kg) x 70} \end{array} \right\} \times \frac{\text{haluttu Hkr} - \text{potilaan Hkr}}{\text{siirrettävän antikoagulanttiveren Hkr}}$$

Kaavio 13-1. Siirtoon tarvittavan veren määrän (ml) laskeminen, kun tunnetaan vastaanottajan ja luovutetun veren hematokriitti (Hkr). 20 ml/kg kokoverta tai 10 ml/kg punasoluja nostaa hematokriittia 10%.

mattomia normaalissa elämässä. Hemofilia A on vakava verenvuototauti, joka yleensä aiheuttaa eläimelle (nuori uros) jo nuorella iällä oireita. Kuitenkin esim. SAKSANPAIMENKOIRIEN vakavat hemofiliatapaukset (tekijä VIII:n koagulaatioaktiivisuus <1 % normaalista) ovat olleet niin vähäoireisia, ettei omistaja aina ole osannut epäillä KOIRASSA mitään poikkeavaa. Leikkauksessa vakava hemofilia sekä vW-tauti aiheuttavat varmasti ongelmia, joten hoitoon on osattava varautua. Tuore kokoveri, tuore plasma tai tuoreena pakastettu plasma ovat suositeltuja käytännön hoitoja. Paras hoitomuoto olisi lajispesifinen hyytymätekijätiiviste (kryopresipitaatti). Ihmisten kryopresipitaattihoidosta saattaa seurata anafylaksia. Veren tai plasman tulee olla tuoretta, koska useimmat plasman hyytymistekijät ovat varsin labiileja ja häviävät muutamassa tunnissa säilytyksen aikana. Von Willebrandin taudissa on käytetty myös desmopressiinihoitoa.

Varfariinimyrkytyksessä vuotavilla potilailla veren anto yhdistettynä **K-vitamiini**terapiaan korjaa hemostaasin nopeammin kuin pelkkä K-vitamiini.

Trombosytopenian perussy tulee selvittää ja hoitaa, jos mahdollista. Jos verenvuoto trombosytopeniapotilaalla on henkeä uhkaava, on tuoreen veren anto aiheellista.

Hypoproteinemiassa proteiinikorvaushoito saattaa olla aiheellinen, jos seerumin albumiiniarvo laskee <20 g/l tai kokonaisproteiini <35 g/l. Hoitona käytetään kokoverta (ei suositeltavaa), tuoretta tai pakastettua plasmaa. Annos riippuu tilasta, yleensä se on 10–30 ml/kg ja annos voidaan toistaa tarvittaessa. Jos albumiinihukka on jatkuva, ei hoidosta ole pysyvää apua. **Tärkkelys-** ja **gelatiini**liuoksia voidaan käyttää plasmankorvikkeina.

Verensiirron haittavaikutukset

Verensiirtoreaktiot jaetaan kahteen pääryhmään: immunologiset ja ei-immunologiset. Urtikaria, hemolyysi, kuume ja vastasyntyneen isoerytroyysi ovat esimerkkejä

immunologisista haittavaikutuksista. Ei-immunologisia ovat mm. sepsiksestä ja pyrogeeneista johtuva kuume, ylinesteytys, sitraattimyrkytys, hyytymishäiriöt, ilmaembolia ja metaboliset, varastoidun veren muuttumisesta johtuvat muutokset.

Hemolyysi voi olla akuutti tai viivästynyt. Akuutissa muodossa anafylaktisen shokin oireet kehittyvät muutaman minuutin kuluessa verensiirron alkamisesta: tärinä, vapina, syljen vuoto, oksentaminen, tahdoton virtsaaminen ja/tai ulostaminen, apnea tai takypnea, kouristelu, takykardia ja hypotensio sekä hemoglobinemian ja -urian ilmaantuminen, jotka edelleen voivat johtaa munuaisvaurioon 1–3 vrk:n kuluessa.

Hidas hemolyysi on huomattavasti yleisempi komplikaatio. Sitä tulee epäillä, jos veren hematokriittiarvo alkaa hitaasti päivien kuluessa laskea verensiirron jälkeen ja potilaalle alkaa kehittyä *ikterus*. Huolimatta rajuistakin oireista eläin paranee usein täysin.

Aina kun haittavaikutuksia ilmenee, verensiirto keskeytetään välittömästi. Akuutissa hemolyysissä on shokkihoito usein aiheellinen. Leukosyyttien, verihiutaleiden tai plasman proteiinien sopimattomuus voi johtaa myös anafylaksiaan, urtikariaan tai kuumeen nousuun. Näiden ehkäisemiseksi suositellaan joskus rutiininomaista **antihistamiinin** ja/tai nopeavaikutteisen **glukokortikoidin** antoa n. 1/2 tuntia ennen verensiirtoa. Verensiirron aiheuttama kuumereaktio hoidetaan hidastamalla infuusiota ja antamalla **tulehduskipulääkkeitä**.

Ylinesteytys on vaarana annettaessa verta tai plasmaa liian nopeasti normovolemialle potilaalle, esim. anemian tai hypoproteinemian korjaamiseksi. Jos eläimellä on samanaikaisesti sydän- tai keuhkosairaus, alttius ylinesteytykselle kasvaa. Oireina ovat silmän sidekalvon turvotus, vesitipat kirsusta, oksennus, yskä, hengenahdistus ja syanoosi. Hoitona annetaan **diureetteja** sekä mahdollisesti **vasodilaattoreita**.

Hypokalsemia voi johtua nopeasta suuren sitraattiverimäärän siirrosta. Maksa ei ehdi käsitellä kaikkea sitraattia. Vapaa

sitraatti sitoo veren kalsiumia. Ensimmäiset oireet ovat hermostoperäisiä: tärinä, vapina jne. Hoidoksi suositellaan hidasta **kalsiumglubionaatin** (Calcium-Sandoz®) tai 10 %:n **kalsiumglukonaatin** antoa laskimoon (10 ml 10 % kalsiumglukonaattia tai -glubionaattia litrassa siirrettyä verta).

Varastointi alentaa veren pH:ta. Verensiirron seurauksena tulee kuitenkin isoja

määriä siirrettäessä alkaloosi. Säilytyksen aikana myös veren 2,3-difosfoglyseraattipitoisuus ja punasolujen kyky luovuttaa happea kudoksille laskevat. Tästä voi seurata kudosten hapenpuute ja asidoosi. Hyytymishäiriöitä on esiintynyt mm. annettaessa vanhaa verta, jonka verihiutalemäärä sekä eräiden plasman hyytymistekijöiden pitoisuus on laskenut.

Hevonen

Kati Niinistö

Hevosien veriryhmät

Hevosella on muihin eläimiin ja ihmiseen verrattuna erittäin paljon veriryhmiä, ja kahta hevosta, joilla olisi täysin sama veriryhmä, on lähes mahdoton löytää. Pääveriryhmät ovat A, C, D, K, P, Q ja U. Jokaisella ryhmällä on eri faktorit, jotka voivat vielä muodostaa erilaisia alleeleja. (Veriryhmä voi olla esimerkiksi tällainen; A abc, C a, D eabcd, K a, P b, Q abc, U -) Saman rodun yksilöiden veriryhmät ovat lähempänä toisiaan kuin verrattaessa eri rotujen yksilöitä.

Siirtojen kannalta tärkeimmät ryhmät ovat A ja Q, muiden ryhmien reaktiot ovat melko harvinaisia. Q -ryhmän vasta-ainesten on todettu aiheuttavan suurimman osan varsojen neonataali isoerytolyysi -tapauksista. A -ryhmän on todettu olevan merkittävä tekijä verensiirtoreaktioissa.

Kaikkien Suomessa syntyneiden rekisteröityjen hevosten, sekä kantakirjattujen tuontihevosten veriryhmä on määritetty polveutumista tarkastettaessa. Jos verensiirrolla ei ole kiire, on hyvä ottaa selvää veriryhmistä ja pyrkiä löytämään mahdollisimman sopiva luovuttaja.

Luovuttaja ja verenotto

Ihanteellisin verenluovuttaja on nuori terve hevonen, jonka historia tunnetaan. Sen veriryhmän tulisi olla Q- ja A-negatiivinen,

jolloin sitä voidaan käyttää sekä verityypiltään positiivisille että negatiivisille. Noin 20 % Yhdysvaltojen lämminverisistä ravihevosista on Q-negatiivisia, samoin suomenhevosissa on muita rotuja enemmän sopivia luovuttajia.

Vaikka luovuttajalla olisi oikea veriryhmä, se on voinut kehittää vasta-aineita esim. hyönteisenpiston vuoksi. Joillakin yliopistoilla on omia luovuttajahevosia, joilta tutkitaan veren vasta-aineet vuosittain. Tällä varmistetaan, ettei hevonen ole kehittännyt vasta-aineita, jotka voisivat olla haitaksi saajalle. Varsonut tai tiineenä ollut tamma ei ole ihanneluovuttaja, sillä tiineyden aikana varsan erilainen veri on saattanut indusoida vasta-ainetuotannon.

Luovuttajalta voi ottaa verta enintään 20 ml/kg (500 kg painoisella hevosella 10 l). Suositeltavampaa on kuitenkin ottaa yhdeltä luovuttajalta vain 6-7 litraa kerralla.

Kenttäolosuhteissa verenluovutus tapahtuu yleensä kanyylin kautta *v. jugulariksesta* steriileihin pulloihin, joissa on sitraatti-glukoosiliuosta (ACD-liuos, sitraatti:veri 1:5). Pulloa on pyöritettävä verenoton ajan, jotta antikoagulantti sekoittuu vereen taasisesti. Käyttötarkoituksesta riippuen veri voidaan käyttää suoraan verensiirtoon tai laittaa viileään laskeutumaan ja eroteltavaksi. Mikäli plasmaa ei erottelun jälkeen käytetä heti, se kannattaa pakastaa.

lhanteellisinta on ottaa veri suoraan kaupallisiin verenluovutuspusseihin, jolloin se pystytään käsittelemään steriilisti. Pussit sentrifugoidaan ja erotellaan koneellisesti. Punasolut voivat näin käsiteltynä säilyä käyttökelpoisina jopa kuukauden ja plasman erät tekijät parikin vuotta.

Veren-/plasmansiirron toimenpiteet

Ennen siirtoa verien yhteensopivuus olisi hyvä varmistaa ristikokeilla (major- ja minor crossmatch), jotta voidaan ennakoida ainakin suurimmat reaktiot. Agglutinaatiotesti ei kuitenkaan takaa täyttä turvallisuutta, sillä useimmat hevosen vasta-aineet ovat kuitenkin hemolysiinejä, joihin ei toistaiseksi ole sopivia kaupallisia testejä.

Veri/punasolut tulee antaa lämmitettynä, lämmityshaude ei kuitenkaan saa olla yli 40 °C. Samoin plasmaa ei koskaan saa sulattaa kuumassa vedessä tai esim. mikroaaltouunissa. Sulatettu, mutta lämmittämätön plasma säilyy jääkapissa noin viikon.

Siirtoletkussa tulee olla aina hyytymän-sieppari. Veren kanssa yhtä aikaa (samasta i.v.-kanyylista) ei saa annostella muita valmisteita tai lääkkeitä, esim. Ringerin liuoksen kalsium voi reagoida hyytymisenesto-aineiden kanssa.

Ensimmäiset 5–10 minuuttia annetaan hitaana infusiona ja tarkkaillaan hevosen reaktioita. Mikäli siirtoreaktioita ei ilmene, voidaan nostaa nopeus 10–20 ml/kg/h. Varsalle pienet määrät voi tarvittaessa laittaa vielä nopeammin, litran plasmaa voi tiputtaa normaalikokoiselle varsalle puolessa tunnissakin. Häätätapauksissa, kuten akuutti verenvuoto, on nopeutta lisättävä tarpeen mukaan.

Indikaatiot veren- tai plasmansiirtoon

Täysveren tai punasolujen siirto on hevosella harvinaista; isoerytroyysistä kärsivien varsojen lisäksi lähinnä äkillinen suuri verenhukka on indikaatio siirtoon. Sinusalueen leikkauksissa tai joissakin traumaissa voi verta vuotaa niin paljon, että tarvitaan

verensiirto. Punasolut elävät siirron jälkeen normaalisti vain muutamasta päivästä viikkoon. Tästä johtuen punasolujen siirto esim. krooniseen anemiaan on vain tilapäinen apu, jollei alkusyytä löydetä.

Neonataalista isoerytroylyysistä kärsivillä varsoilla nopea hematokriitin lasku 0,10–0,12 yksiköllä on indikaatio verensiirtoon. Kokoveren annos on 1–2 litraa, punasoluja annettaessa 0,5–1 litra. Emän ollessa luovuttaja punasolut on ensin pestävä. Pesussa punasoluista erotetaan plasma, tämän jälkeen ne laimennetaan suolaliuokseen ja annetaan taas laskeutua astian pohjalle. Suolaliuos poistetaan päältä. Toimenpide tehdään yleensä kahdesti.

Tyypillisin plasmaa tarvitseva potilas on vasta-aineiden puutoksesta kärsivä varsa. Normaalikokoiselle varsalle plasmaa annetaan yleensä noin litra kerralla. Mikäli vasta-aineet eivät nouse, annos toistetaan. Vakavasti sairailta varsoilla plasma toimii samalla myös kolloidinesteenä ja puskurina verenkierrossa.

Plasmaa käytetään täysikasvuuisille kolloidinesteenä vakavissa ripuleissa ja leikkauksen jälkeen. Esim. ähkyleikkausten jälkeen on Yliopistollisessa eläinsairaalassa annettu hevosille 2 litraa plasmaa vähentämään muuta nesteytystä ja endotoksemian tukihoidtona. Ulkomailla valmistetaan kaupallisia erikoisplasmaa esim. endotoksemian ehkäisyyn. Lisäksi plasmasta voi suurina annoksina olla apua proteiinien puutteessa, maksa- ja munuaisvikaisilla ja osassa hyytymishäiriöitä. Plasman käyttöä aikuisilla hevosilla rajoittaa sen korkea hinta.

Siirtoreaktiot

Vaikka veriryhmät eivät käytännössä koskaan ole täysin samanlaisia, siirtoreaktiot ovat melko harvinaisia. Hevonen kestää yleensä yhden siirron väärää verta ilman ongelmia. Ensimmäiseen siirtoon voidaan katsoa kuuluvan kaikki verensiirrot 4–7 päivän sisällä. Viikon kuluessa hevonen on kehittänyt vasta-aineita, mikäli veri ei ole ollut sopivaa. Jos hevonen on ensimmäisessä siirroksessa saanut väärää tai tuntema-

tonta verta, olisi seuraavaan siirtoon hyvä saada verta, joka on mahdollisimman lähellä vastaanottajan veriryhmää.

Vaikka hevonen on saanut verta hitaasti ilman oireita, sitä tulee valvoa koko tiputuksen ajan. Siirtoreaktiot ovat saman-

tyyppisiä kuin muillakin eläimillä; pahimmillaan anafylaktinen shokki, lievimmissä tapauksissa kuumetta ja ihottumaa. Reaktion ilmetessä verenanto keskeytetään ja aloitetaan tarvittaessa oireenmukainen hoito.

14. Shokin patofysiologia ja hoito

Riitta-Mari Tulamo

Shokin patofysiologia

Shokilla tarkoitetaan tilaa, jossa kudosten verenkierto on riittämätön turvaamaan solujen normaalin aineenvaihdunnan. Kudosten alentunut perfuusio johtaa solutasolla hypoksiaan. Shokkiin liittyy keskeisesti kudosten lisääntynyt hapen kulutus, happivelka ja maitohappoasidoosi. Näin ollen shokki on siis pikemminkin metaboli- nen kuin hemodynaaminen häiriötila, ja shokkiin liittyy aina anaerobinen metabo- lia sekä keskeisten elintoimintojen lamaan- tuminen. Useat erilaiset patofysiologiset tilat voivat aiheuttaa shokin. Tila on aluksi reversiibeli, mutta se voi helposti johtaa irreversiibeleihin soluvaurioihin. Vaikka shokin diagnostisointi ja hoito ovat kehity- neet voimakkaasti viime vuosikymmenenä, on shokki edelleen tärkeä komplikaatioiden ja kuoleman aiheuttaja niin ihmisellä kuin eläimilläkin.

Hypovoleeminen shokki syntyy, kun sydämen pumppaama verimäärä on elimis- tölle riittämätön – ts. on menetetty verta, plasmata ja/tai elektrolyyttejä kehon ulko- puolelle, kudoksiin tai ruumiinonteloihin. Traumaattinen verenvuotoshokki on eläimillä ehkä tavanomaisiin shokin muoto; esimerkkinä auton alle jääneet koirat. Elimistö pystyy kompensoimaan jopa 30 % menetyksen verivolyymissä. Hypovoleemi- nen shokki voi myös kehittyä voimakkaan oksentelun, ripuloinnin tai *ileuksen* seurauk- sena, jolloin runsaasti nestettä kerääntyy laa- jentuneeseen atoniseen suoleen, tai joskus myös vakavissa peritoniitti- tai pleuriittita- pauksissa, joissa runsaasti plasmata ja pro- teiinia menetetään ruumiinonteloon.

Obstruktiivinen/restriktiivinen shokki tarkoittaa tilaa, jossa sydämen vä- hentynyt lyöntitilavuus johtuu verenkierron tukoksesta. Klassinen esimerkki on maha-

laukun kiertymä KOIRALLA. Mahalaukun laa- jeneminen aiheuttaa puristuksen *vena ca- vaan* ja *vena portaehen*, laskimovirtaus sy- dämeen alenee ja sen seurauksena myös sydämen lyöntitilavuus. Obstruktiivinen shokki voi esiintyä myös *pneumothoraksin*, *perikardiumin* tamponadin (= *perikardium* täyttyy verellä) ja ylipainerespiroinnin yhtey- dessä.

Neurogeeninen/vaskulogeeninen shokki tarkoittaa tilaa, jossa verisuoniston sisäinen nestemäärä on ennallaan mutta itse suoniston tilavuus on suurentunut, jol- loin laskimopaine on alentunut, laskimovir- taus sydämeen alentunut, samoin sydä- men lyöntitilavuus. Tyypillisiä tiloja ovat pyörtyminen, anafylaksia sekä endotokse- mian ja sepsiksen loppuvaihe.

Kardiogeeninen shokki aiheutuu sy- dämen pettämisestä tai rytmihäiriöistä, mikä ilmenee usein vasta usean tunnin kuluttua traumasta. Ensisijaisesti sydämen lyöntitila- vuus alenee ja kudoperfuusio heikkenee, mutta verisuonten sisäinen tilavuus, verivo- lyyymi, pysyy aluksi normaalina. Tämä on yleinen ihmisellä sydäninfarktinkin yhteydes- sä. Eläimillä se on harvinainen, vaikka mikä tahansa sydänvaiva voikin siihen johtaa. Tyypillisesti sitä esiintyy pieneläimillä ventri- kulaarisessa takykardiassa ja sydänlihasta lamaavan lääkityksen aikana. Sydänlihäs- vaurio, *chorda tendinaen* ruptuura, vasem- man eteisen ruptuura ja krooninen sydän- läppävika ovat kardiogeeniselle shokille altistavia syitä. Toisaalta idiopaattinen *peri- cardiumin* tamponadi ilmenee kardiogee- nisena shokkina. Lisäksi kardiogeeninen shokki voi syntyä esimerkiksi shokin komplikaationa ilmenevän ns. monielinvaurion (MODS eli multiple organ dysfunction syndrome) yhteydessä, joka käsitellään myö- hemmin.

Endotokseeminen/septinen shokki.

Endotokseemian aiheuttama shokki on hevososen tärkein shokin muoto ja sitä esiintyy lähinnä suolistosairauksien, kaviokuumeen sekä jälkeisten jäämisen ja metriitin yhteydessä. Endotoksiini (LPS, lipopolysakkaridi) on osa gramnegatiivisten bakteerien soluseinän ulkokuorta. Normaalityössä hevosen suolen sisällä on suhteellisen stabiili gramnegatiivinen bakteerifloora. Bakteerien hajotessa tai lisääntyessä nopeasti endotoksiinia vapautuu ja sitä on suolen sisällössä. Suolen limakalvo ja maksan retikuloendoteliaaliset solut yhdessä estävät endotoksiinin pääsyn systeemiseen verenkiertoon. Kuitenkin mikä tahansa shokin muoto voi aiheuttaa endotokseemian murtamalla em. suojajärjestelmän. Myös pieneläimillä suoliston merkitys ja suolensisäisten bakteerien translokaatio septisen shokin synnyssä on viime aikoina korostunut. Koirien vakavassa parvovirusinfektioissa on todettu niiden herkistyvän erityisesti sepsikselle ja endotokseemialle johtuen neutropeniasta ja suolen limakalvosuojan tuhoutumisesta.

Myös grampositiiviset bakteerit, virukset, sienet ja alkueläimet voivat aiheuttaa sepsiksen. Aina primääristä infektion lähdettä ei pystytä toteamaan. Suolisto onkin nykykäsityksen mukaan elimistön laajin immunologinen ja endokriininen elin lukuisine immunologisine järjestelmineen, ja monen tutkijan mielestä monielinvaurion primäärilähde. Vakavasti sairaalla potilaalla suolen pH, perfuusio ja peristaltiikka muuttuvat, suoleen kehittyä usein ileus ja bakteerit lisääntyvät. Suolen limakalvon limantuotanto alenee, limakalvo ulseroituu ja limakalvon suojajärjestelmä murtuu helposti. Antasidit ja H₂-salpaajat (mahalaukun pH:n nousu) ja syömättömyys voivat edistää bakteerien kolonisaatiota suolen *lumenissa*. Bakteerien virulenssi myös vaihtelee, ja jotkut niistä pystyvät vaurioittamaan suolen epiteelisolujen välistä tiukkaa liitosta (tight junction) ja sytotoksiinit pääsevät elimistöön. Suolen bakteerit kulkeutuvat eliminoitavaksi suoliliepeen imusolmukkei-

siin, joissa käynnistyy massiivinen proinflammatorinen tulehdusvaste. Tämän seurauksena vapautuville endotoksiineille, sytokiineille, vasoaktiivisille aineille, komplementille ja muille immuunijärjestelmää sääteleville aineille herkimmin reagoivia soluja ovat mononukleaariset fagosyytit ja etenkin makrofagit, neutrofiilit, verisuonen endoteelisolut sekä verihiutaleet. Tämä on septisen shokin ns. "ensimmäinen iskuvaihe".

Kun bakteereita ja endotoksiineita vapautuu suolen suojajärjestelmän läpi lisää (bakteerien translokaatio, BT), seuraa shokin ns. "toinen iskuvaihe", elimistön puolustusjärjestelmän "yilylönti", jolloin näistä soluista vapautuu verenkiertoon lisää eri sytokiineja (interleukiinit, IL-1 ja IL-6; tuumorinekroositekijä, TNF α ym.), prostaglandiineja (PGE₂), niiden metaboliatuotteita sekä vapaita radikaaleja. Toisaalta anti-inflammatoristen mediaattoreiden (kuten IL-4, IL-10) tuotanto vähenee. Myös transkriptionaalinen akuutin faasin proteiinien tuotanto on häiriintynyt, mikä edesauttaa elintuhoa. Nämä aiheuttavat endotokseemiselle/septiselle shokille tyypilliset voimakkaat hemodynaamiset sekä happo-emäsettä elektrolyyttitasapainon muutokset.

Grampositiivisten bakteerien aikaansaama sepsis voi välittyä liukenevien eksotoksiinien kautta, joita kutsutaan superantigeneiksi. Ne saavat aikaan endotoksiinimaisen responsin stimuloiden suoraan T-solujen proliferaatiota ja aktivoivat makrofageja suoraan tiettyjen reseptoreiden kautta ilman antigeenin tunnistamista. Esimerkki tästä on koiran *Streptococcus canis*-infektio, joka voi johtaa sepsikseen ja nekrotisoivaan *faskiittiin*. Myös grampositiivisten bakteerin soluseinän komponentit voivat toimia aktivaattorina ilman eksotoksiinia.

Septinen shokki eli SIRS-oireisto (systemic inflammatory response syndrome) etenee "paikallisesta" vauriosta koko elimistön tulehdusvasteen akutisoitumiseen ja ääritapauksessa koko elimistö reagoi systeemisesti tulehdusvälittäjäaineiden vapautumiselle. Oireiston voivat laukaista lukuisat eri sairaustilat, joista yleisin on *sepsis* tai

septinen shokki esimerkiksi bakteremian, palovammojen, massiivisten traumausten, mastitiitin, metriitin, prostata-abskessin, peritoniitin, suoliston iskemian ja mahalaukun *dilatatio* vuvuluksen yhteydessä. Myös muut sairaudet kuten akuutti haimatulehdus, lämpöhalvaus, kääremeenpurema, viremia ja jopa parasitemia voivat johtaa SIRSiin, jossa kuolleisuus on korkea, 40–60 %. Tila voi pahentua edelleen monielinvaurioksi, jolloin eläin menehtyy lähes aina.

Solutasolla tapahtuvat muutokset shokissa

Normaalitilanteessa elimistön kudosten hapenkulutus ei riipu tarjonnasta ja elimistö käyttää vain noin 25 % keuhkojen kautta tulleesta hapestä. Jos tarjonta kuitenkin vähenee ns. kriittisen kynnyksen alapuolelle, tulee hapenkulutus tarjonnasta riippuvaiseksi. Tarjonnan pienetessä elimistö lisää kulutuksen osuutta jopa 80 %:iin tarjonnasta.

Hapen puute kudostasolla on kriittisin tekijä shokissa. Tällöin solujen on turvaututtava anaerobiseen metaboliaan energiantuotannon turvaamiseksi. Tämän seurauksena muodostuu runsaasti pyruvaattia ja laktaattia, solunsisäiset glukoosija glykogeenivarastot loppuvat ja rasvan ja proteiinien katabolia alkaa. Tämä lisää edelleen veren happokuormitusta (vapaat rasvahapot, ketoaineet ja aminohapot), koska maksan riittämätön verenkierto estää em. aineiden metabolian. Kudoksiin kehittyvä energiavaje ja niiden toiminta häiriintyy.

Normaalisti solun energiantuotanto tapahtuu glukoosin aerobisen metabolian kautta, jolloin 1 moolista glukoosia syntyy Krebsin syklistä 36 moolia ATP:tä (adenosiinitrifosfaattia) mutta anaerobisessa metaboliassa vain 2 moolia ATP:tä. Shokkitilassa olevan kudoksen energiantuotanto on siksi vain 5 % normaalitilan energiantuotannosta. Intraselulaarisen asidoosin kehittyminen alkaa häiritä vähitellen myös anaerobisessa metaboliassa tarvittavien entsyymien toimintaa ja näin solujen energiantuotanto vähenee edelleen.

Energian puute heijastuu viime kädessä solukalvoon, jossa Na^+ , K^+ -pumppu säätelee membraaniärtävyvyyttä ja fysiologista tilaa solun sisällä ja ulkopuolella. Na^+ , K^+ -pumppu käyttää jopa 80 % solun tuottamasta energiasta (ATP). Solun energiantuotannon alentuessa seurauksena on K^+ :n menetys solun ulkopuolelle ja Na^+ :n, veden ja vetyionien kerääntyminen solun sisälle, solun turpoaminen, solumembraanipotentiaalimuutos ja intraselulaaristen entsyymitoimintojen häiriö. ATP:n katabolia etenee irreversiibelille asteelle ja solun energiantuotanto lakkaa kokonaan. Lopulta solun lysosomit hajoavat vapauttaen entsyyminsä ja seurauksena on solujen autolyysi. Soluseinän hajotessa aktivoituvat lisäksi myös lukuisat tulehduksen välittäjäaineet.

Typpioksidin (NO) synteesi on kiihtynyt shokissa. Liika NO aiheuttaa vasodilaatiota, hypotensiota ja sydämen lyöntivoimien laskua. NO muuntuu makrofageissa metabolian kautta peroksinitriitiksi, joka on suora solumyrkky aiheuttaen lipidien peroksidaation, glutationin puutoksen, ATP-puutoksen ja mitokondrioiden toiminnan lamaantumisen.

Bakteerien translokaatio suoliliepeen imusolmukkeisiin tapahtuu ennemmin kuin niiden siirtyminen maksaan ja RE-järjestelmään. Suoliliepeen eli mesenteriumin imusolmukkeista lymfaneste laskee suoraan rintaontelon imuteihin (thoracic duct) eli toisin sanoen ohi RE-systeemin suoraan keuhkoihin altistaen ne SIRS-vaurioille. Tämä nähdään tyyppillisesti septisillä kissoilla.

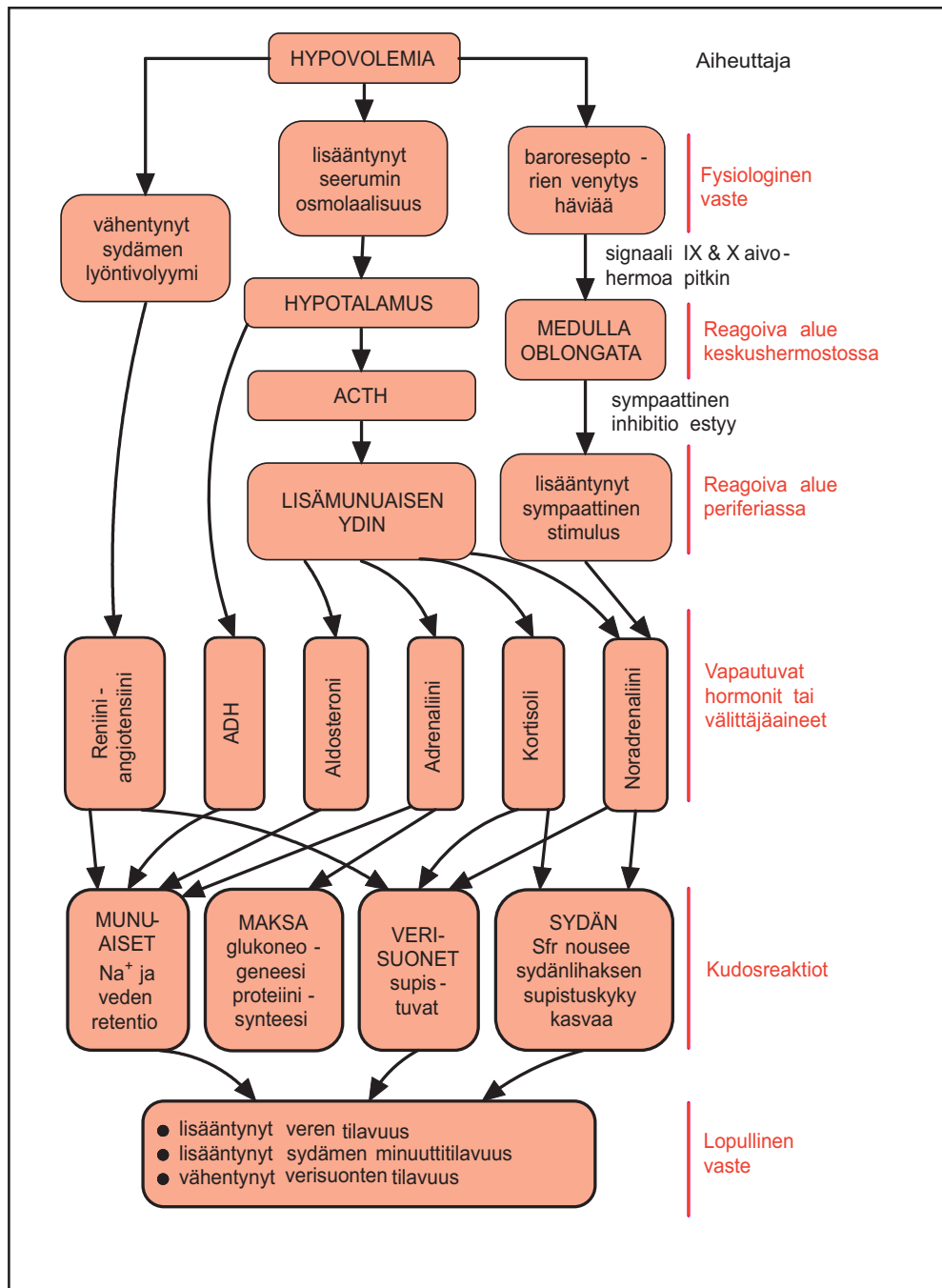
Elimistön vasteet shokkiin

Elimistön ensisijaiset vasteet ovat homeostaattisia ja tähtäävät sydämen ja aivojen verenkierron ylläpitoon, sillä ko. elimet eivät pysty käyttämään anaerobista metaboliaa. Elimistö pyrkii kompensoimaan riittämätöntä kudospesfuusiota muuttamalla verisuonituksen tonusta ja lisäämällä sydämen minuuttivirtausta (kuva 14-1).

Verisuoniston baroreseptoreiden kautta aktivoituu ensin sympaattinen järjestelmä vapauttaen katekoliamiineja, adrenaliini-

nia ja noradrenaliinia vereen. Tämän seurauksena verisuonet supistuvat ihossa, lihaksistossa ja sisäelimissä, varsinkin munuaisissa, ja sydämen lyöntitiheys ja supis-

tumisvoima lisääntyy. Tämän vasteen tuloksena kapillaareista ja pienistä verisuonista mobilisoituu ylimääräinen verimäärä. Lisäksi pernan supistuminen adrenaliinin



Kuva 14-1. Verenpaineen säätelymekanismit shokissa.

vaikutuksesta lisää kiertävää veritilavuutta jopa 20 %, hevosella vieläkin enemmän. Adrenaliini aiheuttaa kortisolin vapautumisen kautta hyperglykemian stimuloimalla maksan glykogenolyysiä ja estämällä insuliinin vapautumista haimasta. Antidiureettinen hormoni (ADH) ja aldosteronin vapautuminen lisäävät munuaisessa Na^+ :n ja veden reabsorptiota/retentiota. Hypotensio stimuloi reniini-angiotensiini-järjestelmää, mikä puolestaan myös lisää vasokonstriktiota sekä veden retentiota munuaisissa. Seurauksena kiertävän veren tilavuuden ja sydämen minuuttitilavuuden kasvusta ja verisuonten tilavuuden pienenemisestä on verenpaineen kohoaminen (kuva 14-1).

Nämä kompensatoriset mekanismit vaativat kuitenkin solutasolla runsaasti energiaa. Myös solujen hypermetabolia vaatii normaalia enemmän happea, jota muutoinkin on shokissa heikosti saatavilla hypoksian ja kudosten huonon verenkierron vuoksi. Toisaalta perifeerinen vasokonstriktio kierrättää veren kapillaariverkoston ohi nopeasti takaisin sydämeen ja solujen hypoksia vain pahenee. Relatiivinen hypoksia siis voimistuu kompensatoristen mekanismien aktivoituttua. Lisäksi veren pH:n alentuessa ja virtauksen hidastuessa veren hyttymiskyky lisääntyy voimakkaasti, verihyuanteet aggregoituvat ja kudostromboplastiini aktivoituu. Kudoksiin muodostuu mikrotrombeja, ja koagulaatiomekanismien ”yliaktivoitua” hyttymistekijät kuluvat loppuun, jolloin tila saattaa johtaa jopa disseminoituu intravaskulaariseen koagulopatiaan (DIC, ⇒ luku 13). Tällöin potilaan verinäytteessä todetaan trombosytopenia, alentunut fibrinogeenitaso, kohonnut fibriinin hajoamistuotteiden pitoisuudet (mm. D-dimeeri) sekä kohonnut aktiivitromboplastiiniaika.

Elinvauriot shokissa

Sisäelimet ovat huonosti adaptoituneita anaerobiseen metaboliaan ja alentuneeseen verenvirtaukseen. **Suolessa** limakalvoeste vaatii aktiivisesti energiaa ja vaurioituu näin helposti, jolloin bakteerit ja endotoksiinit pääsevät systeemiseen ve-

renkiertoon. Normaalityössä **maksa** metaboli endotoksiineja, mutta sen detoksiikaatiokyky on alentunut shokissa samoin kuin retikuloendoteliaalijärjestelmän kyky fagosytoida bakteereja. **Haiman** energiantuotannon alentuminen stimuloi ns. sydänlihasta depressoivan tekijän (myocardial depressant factor, MDF) vapautumista.

Sydämessä subendokardiaalinen kudokärnsii eniten, mutta jatkuva hypotensio johtaa myös sydänlihaksen vaurioihin koronarisuonten verenvirtauksen alentuessa. MDF ja endotoksiinit herkistävät sydänlihasta edelleen rytmihäiriöille. Eläin on erityäin herkkä ulkoisille ärsykkeille, jotka nostavat sydämen lyöntitiheyttä. Tällaisia ärsykeitä ovat mm. kipu ja verenpainetta laskeva toimenpide, esimerkiksi kääntäminen leikkauspöydällä. Kissalla ei tätä oiretta useinkaan esiinny toisin kuin koirilla.

Keuhkoissa metabolinen asidoosi ja hypoksia aiheuttavat hyperventilaation. Jos eläimellä on vakava keuhkovamma trauman seurauksena, esimerkiksi *hemo-* tai *pneumothorax*, keuhkojen ruhje tai palleahtyrä, ei riittävää kaasujen vaihtoa tapahdu. Sepsis vaikuttaa suoraan myös keuhkoihin. Usein kehittyä ns. shokikeuhko eli jatkuvasti paheneva keuhkojen toimintahäiriö keuhkoverisuonten endoteelivaurion ja sen aiheuttaman lisääntyvän keuhkoödeeman myötä. Tämä on tyypillistä mm. kissoille.

Hypovolemian astetta ei pystytä arvioimaan yhden hematokriitti- (Hkr) ja plasman totaaliproteiini- (TP) mittauksen perusteella, sillä elimistö pystyy kompensoimalla peittämään kymmenien prosenttien verimenetyksen. Todellinen tilanne paljastuu vasta kun potilaan tila on saatu hoidolla stabiloitua. Jos hypovolemia johtuu dehydraatiosta, ovat Hkr ja TP kohonneet. Yleensä plasman proteiinitaso putoaa hitaasti ja saattaa jopa aluksi olla kohonnut, K^+ -taso nousee, pH laskee ja hyperglykemia muuttuu lopulta hypoglykemiaksi. Endotoksemissa on alussa leukopenia, yleensä neutropenia, joka voi olla ainoa merkki endotoksemiasta ennen kliinisten oireiden ilmenemistä. Leukopenia normalisoituu

yleensä seuraavien tuntien kuluessa luuytimen työntäessä epäkypsiä neutrofiilisiä granulosityttejä verenkiertoon (veren kuvan nk. vasemmalle siirtyminen).

Munuaiset: Varsinkin septinen shokki johtaa usein munuaisvaurioon, vaikka munuaiset sietävät verenkierrossa tapahtuvia häiriöitä sangen hyvin. Shokin aikana on seurattava diureesia, sillä munuaiset vaurioituvat perfuusion ja diureesin puutteessa. Anuriapotilaalle (ei hypovoleemiselle) voidaan antaa **mannitolia**, joka on osmoottinen diureetti.

Pitkittynyt ja vakava hypoksia voi johtaa verenkierron lopulliseen kollapsiin, jolloin kompensatoristen mekanismien pettäessä verta ei riitä enää aivoihin ja sydämeen.

Keskushermosto vaurioituu vain tässä massiivisessa hypotensiossa shokin terminaaliossa vaiheessa. Aivojen kuorikerroksen verenkierron heikkeneminen johtaa tajunnan häiriöihin ja lopulta keskushermoston iskeeminen vaste yrittää kohottaa verenpainetta tuloksetta. Tämä terminaalivaihe on samankaltainen kaikissa shokin muodoissa ja johtaa useimmiten eläimen menehtymiseen.

Tehokkaasta shokin alkuhoidosta huolimatta voi shokin edetessä joissain tapauksissa kehittyä huonoennusteinen **monielinvaurio** varsinkin, jos tilaan liittyy infektio. Ennaltaehkäisevää hoitoa ei ole vielä dokumentoitu. Vaikka pitkälle edennyt shokki hoidetaan tehokkaasti ja menestyksellisesti, kuitenkin monet elinvauriot pahenevat edelleen (keuhkot, sydänlihas, munuaiset, maksa, suoli, luuydin). Verenkierron elpymisestä nestehoidon seurauksena iskeemiset kudokset hapettuvat uudelleen (reperfuusio), jolloin kudoksiin muodostuneet ja kerääntyneet tuotteet, esimerkiksi happiradikaalit, vapautuvat runsain määrin. Ne ovat sellaisenaan toksisia solukalvoille. Happiradikaalit aiheuttavat ketjureaktion kohdatessaan solukalvon lipidit, jotka peroksidoituvat, ja solukalvon ominaisuudet muuttuvat. Ca^{2+} virtaa solun sisään estäen mitokondrion normaalin energiatuotannon. Ca^{2+} myös aktivoi solun sisällä proteiinikinaasi- ja fosfolipaasientsyymit, jotka vuorostaan aihe-

uttavat soluseinän arakidonihapon vapautumisen. Tämä johtaa edelleen prostaglandiinien, leukotrieenien ja tromboksaanin synteesiin, ja mm. sytokiinien ja muiden välittäjäaineiden tuotanto aktivoituu. Tulehdusvälittäjäaineet leviävät massiivisesti koko elimistöön ja kykenevät stimuloimaan toistensa eritystä ja näin pitämään pitkään yllä tulehdusreaktiota. Ne myös kykenevät voittamaan elimistön neurohormonaaliset kompensatoriset vasteet shokissa. Keuhkojen toimintahäiriö seuraa 24–72 tunnissa ja maksan sekä ruoansulatuskanavan toimintahäiriö 72–96 tunnissa. Munuaiset sekä lopulta sydän ja keskushermosto pettävät. Kuolleisuus monielinvaurioon on jopa 80–100 %.

Eri elinten ja jopa eri solujen toiminnan häiriöt ovat shokkipotilaalla eriasteisia riippuen verenkierrosta. Tärkeää on tiedostaa muutosten erilainen kehitymisnopeus eri shokkitiloissa, kuten hypovoleeminen vs. endotokseeminen/septinen vs. obstruktiivinen shokki. Kuitenkaan ei ole olemassa mitään mittaa tai tekijää, jonka perusteella voitaisiin asettaa raja irreversiibelin ja reversiibelin shokin välille.

Shokkipotilaan kliiniset oireet

Anamneesissa on tärkeintä selvittää mahdollinen etiologia ja oireiden kesto. Myös potilaan aikaisemmat sairaudet (esim. munuais- tai sydänvika) on huomioitava. Luonto pystyy ällistytävällä tavalla korjaamaan vakaviakin oireita ja siksi potentiaalista shokkipotilasta tulisi käsitellä ja hoitaa kuin sillä olisi shokki, kunnes toisin pystytään osoittamaan. Esimerkiksi 10–20 % veritilavuuden menetyksen elimistö voi kompensoida niin, ettei shokkitilaa kliinisessä tutkimuksessa aina havaita. Kompensatorisessa vaiheessa olevalla potilaalla on takykardia, punaiset tai tummanpunaiset limakalvot, viileät raajat, lähes normaali tajunnan taso, normaali tai voimakas pulssi ja lisääntynyt hengitystiheys. Eläin voi myös hikoilla, mikä on tyypillistä hevoselle. Potilas on ns. hypermetaboli-

Taulukko 14-1. Vakavan hypovoleemisen shokin hoitosuunnitelma.

1. Varmista, että hengitystiet ovat auki ja ventilaatio on riittävä.
2. Anna lisähapetta.
3. Tyrehdytä ulkoiset verenvuodot.
4. Kartoita sisäiset verenvuodot ja harkitse voiko ulkoisella paineella tyrehtyttää vuodon.
5. Laita suurihalkaisijainen i.v.-kanyyli v. jugularikseen tai useampi perifeerisiin suoniin.
6. Ota verinäytteet – pieni ja iso verenkuv.
7. Infusoi nopeasti elektrolyyttiliuosta: KOIRA 90 ml/kg/tunti, KISSA 40–55 ml/kg/tunti.
8. Jos ei ole ilmeistä verenvuotoa, infusoi hypertonista 7,5 % NaCl boluksena kolloidiliuoksessa.
9. Jos verenvuoto on huomattava, anna kokoverta.
10. Infusoi hitaasti i.v. kolloidiliuosta KOIRALLE 20 ml/kg, KISSALLE 5–10 ml/kg.
11. Infusoi elektrolyyttiliuosta kunnes verenpaine ”supranormaalitasolle” eli valtimoveren keskipaine on yli 100 mmHg, laskimoveren 8–10 mmHg.
12. Ota näytteet bakteeriviljelyyn ja resistenssin määrittämiseen, anna gramnegatiivisiin bakteereihin tehoavaa antibioottia, harkinnan mukaan myös anaerobeihin tehoavaa antibioottia.
13. Ota EKG vakavien arytmioiden varalta.
14. Seuraa elintoimintoja ja dekompensoitumisen edistymistä.
15. Seuraa ja tue munuaisten, ruoansulatuskanavan ja keuhkojen toimintaa.
16. Huolehdi ulkoisesta tukihoidosta.

nessä shokin vaiheessa ja tarvitsee nestehoitoa tilan korjaamiseksi. Tyypillisiä oireita pidemmälle ns. dekompensoituvaiheeseen edenneelle shokkipotilaalle ovat alentunut ruumiinlämpö, pinnallinen nopea hengitys, takykardia, heikko perifeerinen pulssi, vaaleat limakalvot, pidentynyt kapillaarien täyttymisaika (KTA) sekä alentunut tajunnan taso tai depressio. Eläimen virtsaneritys on alentunut ja rakko on tyhjä. Verenpaine on alhainen ja perifeeristä pulssia ei tunnu. Aggressiivinen nestehoito voi pelastaa potilaan. Terminaalivaiheessa ilmenee hypokarbemia, pidentynyt KTA, harmaan likaiset limakalvot, alhainen tai puuttuva perifeerinen pulssi, alentunut ruumiin ja periferian lämpötila, dementia, sulkeutuneisuus (stupor) ja kooma. Ilman hyvin aggressiivisia hoitotoimenpiteitä seurauksena on sydämen ja verenkiertoelimistön kollapsi.

Pieneläimillä septisen shokin tai SIRS-syndrooman kliiniset oireet ovat seuraavat (vähintään kaksi kriteeriä täytyttävä): Eläin on kuumainen tai alilämpöinen, sydänsyke on $>160/\text{min}$ (KOIRA) tai $>250/\text{min}$ (KISSA), hengityssyke on $>20/\text{min}$ tai $\text{PaCO}_2 <32 \text{ mmHg}$, valkosolut $>12 \times 10^9/\text{l}$ tai $<4 \times 10^9/\text{l}$, tai neutrofiilisiä granulocyteja $>10 \%$.

Shokin nestehoito

Shokki on aina vakava tila, jonka hoitoon tulisi ryhtyä välittömästi. Epäröinnillä menetetään arvokasta aikaa ja potilas huononee progressiivisesti, kunnes solutasolla tapahtuneet muutokset ovat palautumattomia. Shokki tulee useimmiten hoitaa erityisen tehokkaasti saattamalla potilaan tila nk. supranormaalille tasolle (ylihoito), sillä vakavissa shokkitapauksissa potilaan elvytys hoito tavanomaiselle ”normaalitasolle” (normaali verenpaine, perifeerinen verenkierto ja sydämen minuuttitilavuus) ei useinkaan riitä eläimen hengen pelastamiseksi (taulukko 14-1). Riittävän kiertävän veritilavuuden turvaaminen ja veren hapenkuljetuskyvyn ylläpito asianmukaisella nestehoidolla onkin onnistuneen shokin hoidon perusedellytys. Hoitoon on viime aikoina yhä lisääntyvässä määrin liitetty myös verenkiertoa vilkastuttava vasoaktiivinen lääkitys.

Tarvittava nestemäärä litroina voidaan shokkipotilaalla yksinkertaisesti laskea kaavion 12-1 avulla. Normaali elimistön veden vuorokausitarve on noin 40–50 ml/kg, HEVOSELLA 65 ml/kg, mutta sairaus voi nostaa tätä useampikertaiseksi. Oksennuksessa nesteitä poistuu 1 ml/kg/kerta, mutta ripuloinnissa jopa 200 ml/kg/vrk.

Nesteen antonopeus vaihtelee riippuen tilan vakavuudesta. Shokkipotilaalle neste on annettava **suonensisäisesti**. Jos suonia ei löydy (esim. pienillä pennuilla) se voidaan antaa luuytimensisäisesti. Ihonalaisesti infusoitu neste ei imeydy johtuen huonosta perifeerisestä verenkierrosta elimistön pyrkinessä kompensoimaan shokissa tapahtuvia muutoksia. KOIRALLE voi antaa i.v. jopa 90 ml/kg/tunti, kun taas KISSALLE 55 ml/kg/tunti on yläraja. Uusimpien suositusten mukaan tämä annos pyritään antamaan niin nopeasti kuin mahdollista (n. 15-20 minuutin aikana, ⇒ luku 12). Tällaisen tilavuuden haittana on, että sen anto vie kauan ja voi lisäksi aiheuttaa turvotusta alentamalla veren onkoottista painetta. Keuhkoruhjepotilaalle ei tulisi antaa nesteitä yli 20 ml/kg/tunti keuhkoödeeman välttämiseksi. Kolloidiliuksen anto samanaikaisesti onkin indikoitua ja vähentää tilavuuden tarvetta, mutta hypertoniasta 7,5 % natriumkloridia voi käyttää hyvin voimakkaan (perakuutin) tapauksen alkuhoitoon. Tarvittava kokonaisnestetilavuus on aina annettava heti hypertonisen infuusion jälkeen isotonisena nesteinä. Nestettä voi kuitenkin joutua antamaan jopa 2–3-kertaisesti yli lasketun tilavuuden, sillä sitä menetetään edelleen hiussuonistosta. Akuutin vaiheen jälkeen nestetasapainon ylläpitoon voi myös mennä jopa 2–7-kertainen määrä nestettä.

HEVOSELLE nestettä voi antaa tarvittaessa kahden isokokaisen kaulalaskimokanyylin kautta i.v. maksimaalisella nopeudella, ellei eläin makaa kyljellään.

Jos potilaalla on anuria, sille voidaan antaa **furosemidia** (Dimazon vet®) tai **mannitolia** asiallisen nestehoidon jälkeen. Furosemidin annos koiralle on n. 2 mg/kg i.v. Koiran alkuannos mannitolia on 0,5 g/kg hitaana (vähintään 20 min) i.v.-injektiona.

Yleensä pyritään korvaamaan 50 % nestevajeesta ensimmäisen 6 tunnin aikana, 75 % 24 tunnin ja 100 % 48 tunnin aikana. Sen lisäksi korvataan edelleen jatkuva nesteen menetys sekä turvataan ylläpitotarve.

Nestehoidon komplikaatiot

Liiallisen tilavuuden antaminen aiheuttaa ongelmia etenkin keuhkoverenkierrolle.

Keskuslaskimopainetta (CVP) on alettu käyttää pieneläimillä nesteytyksen mittarina (⇒ s. 148). Normaalisti CVP on 0–5 cmH₂O ja nousee nestehoidossa ja sen jälkeen lyhyeksi aikaa tasolle 5–15 cmH₂O. Paine ei saisi olla yli 15 cmH₂O. Jatkuva korkea paine indikoi ylinesteytystä tai sydämen oikean puoliskon pettämistä.

Ilmaemboluksen pääsyä elimistöön tulee välttää. Ennen infusoitavien nesteiden tai lääkeaineiden sekoittamista tulee selvittää, voidaanko eri valmisteita yhdistää tai lisätä infuusionesteeseen. Yhteensopimattomista neste- ja lääkeaineista löytyy lueteloita kirjallisuudesta.

Shokkipotilaan muu hoito

Nestevajeen korvaus on ensisijainen toimenpide. Myös happo-emästasapaino tulisi pitää mahdollisimman normaalina. Veren anto on indikoitua verenvuotoshokissa, jos Hkr ja TP laskevat nopeasti, yli 30–40 % veritilavuudesta on menetetty, verenvuoto on johtanut potilaan kollapsiin tai shokkipotilaan nestehoidolla ei saavuteta riittävää vastetta (⇒ luku 13). Hapen anto kannattaa yhdistää aina verenantoon. Myös plasmaa tai plasman korvikkeita voidaan antaa.

Laajakirjoisen antibiootin käyttöä suositellaan varsinkin trauma-, sepsis- ja endotoksemiapotilaille ja sitä tulisi jatkaa vähintään 3–5 vrk. Lääkeaineiden toksisuus tulisi ottaa erityisesti huomioon hypovoleemisilla huonokuntoisilla shokkipotilailla. **Polymyksiiniä** (polymyksiini B) on käytetty endotoksiinien sitomiseen hevosella annoksella 1000–3000 IU/kg i.v. 2 x päivässä. Munuais-toksisuutta on seurattava.

Pentoksifylliiniä on käytetty hevoselle 6,6–8 mg/kg p.o. 2 x päivässä ehkäisemään endotoksiinien ja muiden välittäjäaineiden vapautumista, usein yhdistettynä **fluniksiiniin**.

Happea annetaan happiteltassa, maskilla, nenäletkulla, transtrakeaalisesti kateetrin kautta tai intubaatioputken kautta. Jos Hb on alle 10–12 g/l, tai pulssioksimetrin lukema alle 90–95 %, happea tulisi aina antaa. Hevosella punasolujen hapensaanti

voidaan kaksinkertaistaa antamalla **happea** 15 l/min.

Mikäli perfuusio on huono vielä asiallisen nesteterapian jälkeen sydämen toiminnan tukemiseksi suositellaan annettavaksi inotrooppisia aineita kuten **dopamiinia** (Abbodop[®], Dopmin[®]) tai **dobutamiinia** (Dobuject[®], Dobutrex[®]). Dopamiini on noradrenaliinin prekursori ja voimakkaasti vasoaktiivinen aine. Annos koiralla on 5–10 µg/kg/min alkaen alhaisella annoksella ja lisästen 2 µg/kg minuutin välein kunnes vaikutus saavutetaan (maksimiannos 10 µg/kg/min). EKG-seuranta arytmiian varalta on suositeltavaa. Hevoselle annos on 2,5 µg/kg/min rehydraation jälkeen. Dobutamiini vaikuttaa suoraan sydämeen inotrooppisesti, annos koiralle 5–10 µg/kg/min, kissalle 2,5–5 µg/kg/min ja hevoselle 0,5–5 µg/kg/min.

Kipulääkitys kivun kontrolloimiseksi on tärkeää. Pieneläimillä shokkipotilaan kivun hoitoon käytetään opioideja, tulehduskipulääkkeitä vältetään. **Tulehduskipulääkkeitä** (NSAIDs) on käytetty etenkin hevosella endotoksemian hoidossa. NSAID:t estävät prostaglandiinien synteesiä, mutta näyttävät myös parantavan hemodynaamiikkaa. Toisaalta ne vaikuttavat ruoansulatuskanavan limantuotantoon negatiivisesti ja voivat siten vaikuttaa heikentävästi limakalvosuojaan. **Fluniksiinimeglumiini** ja **ketoprofeeni** ovat HEVOSELLA eniten käytettyjä. Ne estävät verenpaineen laskua, mesenteriaalisuonten vasodilaatiota, takypneaa, dyspneaa, hypoksemiaa, sydämen verisuonten endoteelivaurioita, koliikkia, maitohappoasidoosia ja ripulia.

Ruokinta ja ruoansulatuskanavan toiminnan normalisoiminen ehkäisee baktee-

rien translokaatiota suolen sisältä elimistöön ja siten septisen shokin kehittymistä. Ruoansulatuskanavan lepotila johtaa nopeasti limakalvon atrofiaan, permeabiliteetin muutoksiin, bakteerien kolonisoitumiseen ja *ileukseen*. Parenteraalinen ruokinta tulisi yhdistää enteraaliseen heti kun eläin pystyy syömään edes hiukan eikä sillä ole *ileusta*. Glutamiinia pidetään ohutsuolen epiteelisolujen olennaisena ravintolähteenä. Sitä on annettu pulverina (annos 10 g/pv koiralle) veteen liuotettuna vakavasti sairaille potilaille. Sen on todettu edistävän lymfosyyttien mitogeneesiä ja lisäävän suolen limakalvosuojaa. Paksusuolen limakalvon hyvinvointia edesauttavat lyhytketjuiset rasvahapot. Niitä syntyy fermentaation kautta imeytymättömistä hiilihydraateista kuten **pektiinistä**, **betaglykaanista** ja **laktuloosista**. Liukenemattomat kuidut kuten **seluloosa** parantavat suolen limanmuodostusta, epiteelisolujen uusiutumista, ja suoliston hormonien tuotantoa ja estävät bakteerien liikakasvua ja translokaatiota.

Shokkipotilaan tukihoidossa on tärkeää myös huolehtia optimaalisista ulkoisista olosuhteista ts. potilaan pitämisestä mukavalla, pehmeällä alustalla lämpimänä ja kuivana, potilaan kääntelemisestä jne. Nopea ja oikea hoito, toistuva huolellinen kliininen tutkimus ja potilaan monitorointi sekä hoitovasteen seuranta hoidon aikana on erityisen tärkeää. Tällöin voidaan heti havaita potilaan tilassa tapahtuvat käänneet ja pyrkiä ehkäisemään mahdollisimman varhaisessa vaiheessa tilan kehittyminen SIRS:n tai MODS:n kaltaiseksi monielinvaurioksi.

15. Potilaan arviointi ennen anestesiaa

Maija Rähä & Marja Raekallio

Potilaan tarkka anamneesi ja perusteellinen statuksen saaminen ennen anestesiaa on tärkeää esim. oikean anestesiatyypin ja -aineiden valitsemiseksi. Löydökset kirjaan potilastiedostoon.

Anamnestiset tiedot

Eläinlajikohtaiset erot on syytä muistaa: kissa ei ole "pieni koira".

Rotuerot voivat olla ratkaisevia anestesiaa suunniteltaessa. Esim. lyhytkuonoiset, BRAKYKEFAALISET KOIRARODUT ovat alttiita hengitystiekomplikaatioille, ja hoikat VINTTIKOIRAT nukkuvat pienemmillä tiopentaalimäärillä ja heräävät tiopentaalianestesiasta hitaammin kuin muut koirarodut.

Ikä on otettava huomioon anestesiaa suunniteltaessa. Nuorten eläinten kyky metaboloida anesteetteja ei ole täysin kehittynyt. Ne ovat myös alttiita hypotermialle, hypoglykemialle ja nestetasapainon häiriöille. Vanhoilla yksilöillä on usein lievää munuaisten vajaatoimintaa, joten nestetasapainosta on huolehdittava. Niillä on myös usein muita kroonisia sairauksia, jotka on otettava huomioon.

Paino on syytä merkitä potilaskorttiin. Eläin pitää aina punnita. Omistajan oma arvio eläimen painosta on usein hyvin epäluotettava. Lääkeaineannokset ilmoitetaan mg/kg, tarkempi mutta käytännössä hankalampi tapa on ilmoittaa annos mg/m² (ihopinta-ala). Siitä seuraa, että saman eläinlajin pienet yksilöt vaativat suhteessa suurempia annoksia kuin isot yksilöt. Ylilihava eläin tarvitsee rasvaliukoisia anesteetteja enemmän halutun vaikutuksen saavuttamiseksi ja vesiliukoiset aineet taas tulisi annostella eläimen ihannepainon mukaan.

Luonne vaikuttaa anestesian valintaan ja annoksiin myös esilääkitystä suunniteltaessa. Ylienergisien, vihaisen tai hyvin pelok-

kaan eläimen stressiä voidaan vähentää ja käsittelyä helpottaa oikealla esilääkityksellä. Voimakeinoihin eläimen anestesian induktiossa ei pidä turvautua puutteellisen esilääkityksen vuoksi.

Aikaisemmat rauhoitukset ja nuku-
tukset on hyvä tiedustella eläimen omistajalta tai kerrata potilaskortistosta. Mahdolliset komplikaatiot on otettava huomioon, myös omistajan havaitsemat ongelmat eläimen edellisessä toipumisessa.

Rasituksensieto on tärkeä anamnestinen tieto. Eläin joka helposti väsyä lenkkeilyn ja leikkimisen yhteydessä on syytä tutkia tarkemmin ennen anestesiaa.

Samanaikaiset sairaudet ja lääkityk-
set on otettava huomioon, esim. epilepsialääkitys saattaa vähentää esilääkkeen ja anesteetin tarvetta. Eri anesteettien kontraindikaatiot on pidettävä mielessä. Mahdolliset yliherkkyysoireet tiedustellaan.

Eläimen kliininen tutkiminen ennen anestesiaa

Yleiskunto. Kiinnitetään huomiota potilaan yleisolemukseen, ravitsemustilaan, tajunnan tasoon, liikkeisiin ym. Potilas palpoidaan päästä häntään. Tarkistetaan pupillat, perifeeriset imusolmukkeet ja lihakset. Mahdolliseen dehydraatio pyritään korjaamaan ennen anestesiaa.

Limakalvot. Tarkista limakalvojen väri ikenistä, konjunktivasta tai vulvasta. Normaalit limakalvot ovat helakan vaaleanpunaiset. Poikkeuksena on KISSA, jonka limakalvot normaalistikin ovat melko vaaleat. Vaaleat limakalvot voivat olla merkinä anemiasta, shokista, kivusta tai kylmän aiheuttamasta perifeerisestä vasokonstriktiosta. Syanoottiset limakalvot ovat merkinä hypoksiasta, kun hapettoman hemoglobiinin pitoisuus veressä on yli 50 g/l. Vakavasti

aneeminen potilas voi siis olla hypoksinen vaikka ei näytä syanootiselta. Ikteeriset limakalvot viittaavat maksan toimintahäiriöön tai prosessiin, jossa punasoluja hajoaa suuria määriä (esim. immuunivälitteinen hemolyyttinen anemia). Verenvuodot tai petekkiat limakalvoilla viittaavat hyytymishäiriöön (esim. **varfariinimyrkytys**, trombosytopenia).

Sydän ja verenkiertoelimistö. Auskultoi jokainen potilas ja laske aina sydänfrekvenssi. Kuuntele sydäntä molemmilta puolilta, myös riittävän edestä. Pidä KOIRAN suu kiinni auskultaation aikana. Hengitysäänet voi sotkea sydämen sivuääniin, mutta toisaalta sivuääni voi peittyä puuskutuksen alle. Pyydä omistajaa olemaan hiljaa auskultaation aikana. Samalla, kun auskultoit sydäntä tunnustele pulssi esim. *a. femoraliksesta*. Jokaista sydämenlyöntiä tulisi seurata pulssiaalto. Pulssin puuttuminen lyönnin jälkeen voi olla merkinä rytmihäiriöistä. Perifeerisen pulssin voimakkuus tunnustellaan esim. metatarsaalivaltimosta. Heikko perifeerinen pulssi voi viitata hypovolemiaan ja/tai perifeeriseen vasokonstriktioon tai sydänperäisiin ongelmiin. Kiinnitä huomiota syketiheyteen, ja muista eläinlaji-, ikä- ja kokoerot. Kuuntele tarpeeksi pitkää ajanjakso rytmihäiriöiden varalta. Auskultaatiossa havaittu sydämen sivuääni ei välttämättä tarkoita sydämen vajaatoimintaa. Jos havaitset sivuäänen, pyri selvittämään, onko se systolinen, diastolinen vai holosystolinen sekä miltä alueelta rintakehää se parhaiten kuuluu ja onko kyseessä ns. oireeton sivuääni vai todellinen sydämen vajaatoiminta (anamneesi, thoraxröntgen, EKG, kaikukuvaus).

Hengityselimistön tilan arviointi voi olla vaikeaa, jos potilas on yhteistyöhaluton. Varsinkin hengitysfrekvenssin määrittäminen on usein mahdotonta, jos potilas läähättää tai puuskuttaa. Kiinnitä huomiota sierainvuotoihin. Tarkista nielu, jos mahdollista. Suuret nielurisat tai kasvaimet nielussa voivat aiheuttaa hengitystietukoksen anestesian aikana. Palpoi henkitorvi. Esim. ylipainoisilla KÄÄPIÖKOIRILLA on taipumusta tra-

keakollapsiin. Auskultoi keuhkot rintakehän molemmilta puolilta. Kiinnitä huomiota hengityksen syvyyteen, erota pinnallinen läähätys todellisesta dyspneasta. Tarkista, että KOIRA pystyy hengittämään vaivatta nenän kautta suu suljettuna ja HEVONEN molempien sierainten kautta. Huomioi hengitysäänet. Jos kuulet epänormaaleja hengitysääniä, pyri paikallistamaan ne ja määrittämään niiden laatu sekä selvittämään niiden vaikutus eläimen yleiskuntoon.

Neurologinen status. Kliiniset havainnot eläimen käyttäytymisestä ja anamnestiset tiedot riittävät yleensä neurologisen tilan arvioimiseen.

Ruumiinlämpö. Mittaa lämpö peräsuolesta. Eläimen voimakas fyysinen aktiivisuus voi nostaa lämpötilaa huomattavasti. Hypertermisen eläimen elimistön hapentarve on suurempi, hypotermisen eläimen anesteettien tarve on vähäisempi kuin normaalilämpöisellä eläimellä.

Ruoansulatuselimistön toiminta. Oksesteleva ja ripuloiva eläin todennäköisesti kärsii dehydraatiosta ja elektrolyyttipätsäpainosta. Korjaa tila ennen anestesiaa. HEVOSELLA myös vatsaontelon auskultointi ja tarvittaessa rektalisointi kuuluvat preoperatiivisiin tutkimuksiin.

Maksan ja munuaisten toiminta. Injektioanesteettien eliminoituminen vaatii toimivat maksan ja munuaiset. Palpoi maksan ja munuaisten alue, jos mahdollista. Kiinnitä huomiota elinten kokoon ja mahdolliseen palpaatioarkuuteen. Tarkista limakalvot: *ikterus* voi viitata maksavikaan. Paha haju suun limakalvoilla voi johtua uremiasta ja viitata munuaisvikaan. Anamneesi on tärkeä: onko ollut polydipsiaa, polyuriaa, oksentelua, syömättömyyttä, laihtumista.

Laboratorio- ja röntgentutkimukset. Peruslaboratoriotutkimuksiin kuuluvat koirilla ja kissoilla veren hematokriitin, kokonaisproteiinimäärän (esim. refraktometrillä hematokriittikapillaarista) ja urean (esim. Azostix®) määritykset. Jos anamneesi tai status ei paljasta sairautta tai muuta poikkeavaa, ei syvällisempiin

Taulukko 15-1. Käyttökelpoisia potilaan tutkimisen menetelmiä.

- **Hematokriitti, hemoglobiini ja punasolujen määrä** antavat karkean arvion dehydraatio-asteesta ja veren hapenkuljetuskyvystä.
- **Plasman ja seerumin tutkimukset.** Hyperproteinemia voi viitata hemokonsentraatioon ja dehydraatioon. Hypoproteinemia liittyy moneen sairauteen (munuais- ja maksaviat). Useat lääkeaineet sitoutuvat albumiiniin, ja vain sitoutumaton aine on farmakologisesti aktiivinen, mikä on syytä huomioida hypoproteinemisen eläimen anesteettien annostuksessa. Seerumin ALAT, ASAT, AFOS, bilirubiini, sappihapot, proteiini ja albumiini antavat pieneläimillä tietoa maksan toiminnasta, hevosella entsyymeistä esim. GGT ja SDH. Seerumin urea, kreatiniini, kalsium, fosfori, proteiini ja albumiini heijastavat munuaisten toimintaa.
- **Virtsanäytteen** tutkiminen virtsaan kastettavan liuskan (esim. Multistix®) avulla antaa karkeasti tietoja monista elintoiminnoista.
- **Rintaonteloröntgenkuva** kertoo arvion sydämen ja isojen verisuonten koosta, keuhkojen tilasta sekä mahdollisista kasvaimista.
- **EKG:n** avulla saadaan mahdolliset sydämen rytmihäiriöt diagnosoitua.

tutkimuksiin tarvitse ryhtyä anestesian turvallisuuden kannalta. Jo käytännön syistä jokaisesta potilaasta ei voi vaatia täydellistä verenkuvaa, virtsa-analyysejä, EKG:a ja rintaonteloröntgenkuvaa en-

nen anestesiaa. Taulukossa 15-1 mainituista tutkimuksista voi olla hyötyä potilaan tilan arvioimisessa, jos anamneesissa tai kliinisessä tutkimuksessa on todettu jotain poikkeavaa.

16. Yleistä anestesia-laitteiden ja ventilaattoreiden käytöstä

Erja Kuusela

Anestesia-laitteen toiminnan tarkastaminen

Vuototestaus. Ennen jokaista anestesiaa laitteisto vuototestataan. Kiertävässä hengitys-järjestelmässä ylivuotoventtiili suljetaan ja hengitysletkun pää suljetaan peukalolla. Hengityspussia täytetään kunnes painemanometri osoittaa 20 cmH₂O. Ihanetapauksessa paine ei laske vaikka kaasuvirtaus ei ole auki. Mikäli paine laskee, virtauksen avulla voidaan arvioida vuodon määrä. Sen pitäisi olla alle 0,5 litraa minuutissa, jotta konetta voidaan käyttää. Mikäli vuoto on suurempi, potilas ei saa (ainakaan matalilla kaasuvirtauksilla) riittävästi happea ja anesteettia, jota vapautuu huoneilmaan. Testauksen jälkeen paine lasketaan hitaasti avaamalla ylivuotoventtiili ennen peukalon nostoa, jotta emäksinen absorberipöly ei pöllähtäisi letkustoon. Mikäli näin käy, letkut ja läpät pitää puhdistaa.

Suurelänlaitteistossa 20–25 cmH₂O paine ei saisi laskea yli 5 cmH₂O 30 sekunnin aikana. Suurelänventilaattori tarkastetaan sulkemalla hengitysletkun pää ja laittamalla respiraattori päälle. Jos laitteisto ei vuoda, palje palautuu heti puristuksen jälkeen lähtöasentoonsa.

Avoimen hengitys-järjestelmän tiiviys tarkastetaan silmämääräisesti hengityspussin pinkeyden perusteella.

Läppien tarkastus. Kiertävän hengitys-järjestelmän yksisuuntaisläppien toiminta on aina varmistettava ennen anestesiaa, ja tarvittaessa myös sen aikana, mikäli potilaan hengitys on työlästä. Läppä saattaa kosteuden vuoksi juuttua kiinni vaikeut-taen hengitystä. Auki jäävä sisäänhengitys-läppä lisää kuollutta tilaa, jolloin potilas hengittää hiilidioksidipitoista ja happiköyhää kaasua. Jokaisen anestesian jälkeen

hengitysletkusto ja hengityspussi irrotetaan, jotta kone saisi kuivua. Letkut ja pussit pestään kuumalla vedellä ja pesuaineella.

CO₂-absorberi. Absorberirakeiden kunto tarkistetaan jokaisen anestesian jälkeen, koska indikaattorivärimuutos palaa ennalleen muutamassa tunnissa. Rakeet vaihdetaan viimeistään kun puolet rakeista on käytettyjä. Harvoin käytettävässä koneessa rakeet kannattaa vaihtaa säännöllisesti 1–2 kertaa kuukaudessa, koska huoneilman hiilidioksidi kuluttaa rakeita vähitellen ilman että värimuutosta havaitaan. Toimimattomat rakeet ovat kovia, toimivat helposti sormin murskattavissa.

Haihduttimet. Haihdutin vaatii säännöllistä huoltoa ja kalibrointia parin vuoden välein, jotta sen tarkkuus ja luotettavuus säilyisi. Halotaanihaihduttimille suositellaan puhdistusta puolivuositain sakkautuvan ty-molin poistamiseksi.

Eläinpotilaan ventilointi anestesian aikana

Ventilointia tarvitaan esimerkiksi rintaontelokirurgiassa, laparoskopiassa, varsinaisia lihasrelaksanteja käytettäessä, huonokuntoisilla potilailla (etenkin pitkäkestoisessa anestesiassa) sekä vaikeassa hypoventilaatiossa. Hypoventilaatiota pyritään ensisijaisesti korjaamaan anestesiaa keventämällä, mutta aina tämä ei ole mahdollista. Huonokuntoisella potilaalla veren pH on usein alhainen metabolisen asidoosin vuoksi, mikä yhdistettynä respiratoriseen asidoosiin voi johtaa solu- ja kudosa-vaurioihin.

Spontaanihengitys on sydämen toiminnan kannalta usein edullisinta. Ventiloinnin aiheuttama paine pleuraontelossa vähentää laskimopaluuta alentaen näin sydämen tehoa sekä systolista verenpainetta. Venti-

lointi voi myös vaurioittaa keuhkoja. Kun potilaan hengitys otetaan kontrolliin, sitä ei voi yhtäkkiä keskeyttää hengityskeskuslaman vuoksi. Kaikkien potilaiden rutiininomainen ventilointi ei siis ole järkevää. Potilasta, joka on vastikään toipunut ilmarinnasta, ei saisi ventiloida, koska arpeutunut vaurio kohta voi paineen seurauksena uudelleen aueta.

Manuaalisessa ventilaatiossa ylivuotoventtiili suljetaan (lähes) kokonaan ja hengityspussia painetaan niin että sisäänhengitysaika on n. 1–1,5 sekuntia, uloshengitysaika 2–3 sekuntia. Potilaan rintakehää tarkkailemalla arvioidaan sopiva keuhkojen täyttymisaste. Painemanometrasta katsottuna paine ei saisi nousta yli 10–20 cmH₂O. Painetta ei saa ylläpitää – varsinkin keuhkokollapsipotilailla (esimerkiksi palleatyrä) seurauksena saattaa olla ilmarinta tai ns. re-expansiooedeemi.

Potilas vieroitetaan kontrolloidusta ventiloinnista vähitellen hengityskertoja vähentämällä, jolloin hiilidioksiditaso hieman nousee, happisaturaatio ei kuitenkaan saa päästä laskemaan. Ventilointi voidaan lopettaa kun hengitystilavuus ja -tiheys normalisoituvat. Ventiloitun potilaan hengitystä tarkkaillaan tavallista huolellisemmin vielä spontaan hengityksen alkamisen jälkeenkin.

Anestesiaventilaattorit

Mekaaninen anestesiaventilaattori antaa halutun määrän kaasuseosta (kertatilavuuden) halutulla hengitystiheydellä. Ventilaattori korvaa hengityspussin ja tekee mekaanisesti samaa tehtävää kuin ihminen manuaalisesti ventiloiodessa. Ventilaattoria käytettäessä tarvitaan myös kapnometri hiilidioksidipitoisuuden seurantaan, painemanometri ilmäteiden paineen seurantaan ja pulssioksimetri kudoshapetuksen seurantaan. Mekaaninen ventilaattori säästää ihmistyövoimaa; toisaalta laitteen toimintahäiriö tai väärä käyttö voi johtaa vakaviin ongelmiin.

Ventilaattorit jaetaan pääsääntöisesti painesäätöisiin ja tilavuussäätöisiin mallei-

hin. Tilavuussäätöinen ventilaattori antaa määrätyn tilavuuden paineesta riippumatta. Mikäli laitteessa ei ole hälytysrajoja maksimipaineelle, paine saattaa nousta liikaa. Laite ei myöskään salli vuotoja hengityskiertojärjestelmässä. Minuuttitilavuutta voidaan yleensä säädellä muuttamalla sisään/uloshengitysjen (I/E) suhdetta, hengitystiheyttä ja sisäänhengitysvirtauksen nopeutta.

Painesäätöinen ventilaattori antaa kaasua sisäänhengitysvaiheessa kunnes määrätty paine saavutetaan. Tällöin kaasun tilavuus riippuu mm. ilmäteiden virtausvastuksesta ja keuhkojen myötävyydestä.

Ventilaattorin normaaliasetuksia

Ventilaattorin asetukset säädetään niin, että uloshengityksen hiilidioksidipitoisuus pysyy lähellä optimitasoa (40 mmHg). Potilaan rintakehää tarkkailemalla arvioidaan, onko hengitys normaalia. Anestesiasyvyyden on oltava riittävä, jotta potilas ei pyrkisi hengittämään vasten ventilaattoria.

- Ilmäteiden paine: Normaaleille keuhkoille riittää yleensä 10–20 cmH₂O paine. Hieman korkeampia paineita saatetaan tarvita esimerkiksi keuhkoödeemipotilaalla tai rintaontelokirurgiassa. Liian korkea paine vaurioittaa keuhkoja ja estää laskimopaluuta sydämeen, joten alhaisin paine joka riittää pitämään hiilidioksidipitoisuuden sopivana on potilaalle turvallisin.
- Kertatilavuus: 10–20 ml/kg
- Minuuttitilavuus: 150–250 ml/kg
- Sisäänhengitysaika: 1–1,5 sekuntia
- I/E-suhde: 1:2 – 1:3
- Hengitystiheys: 8–12 kertaa minuutissa. Hengitystiheyttä voidaan tarvittaessa nostaa, jos halutaan estää paineen liiallista nousua. I:E suhdetta joudutaan silloin yleensä säätämään jotta sisäänhengitysaika ei lyhenisi liikaa.
- Positiivinen uloshengityksen loppupaine (PEEP): Normaalisti uloshengitysvaiheessa paine laskee nolnaan. Pienten ilmatiehyiden avaamiseksi voidaan uloshengityksen aikana tarvittaessa ylläpitää n. 5–7 cmH₂O painetta. Keuhkokollapsipotilailla paineen ylläpitäminen vaurioittaa keuhkoja, ja se myös vaikeuttaa sydämen toimintaa enemmän kuin tavallinen ventilointi.

17. Intubaatio ja laskimokanylointi

Jan Rähä, Marja Raekallio & Erja Kuusela

Intubaatio

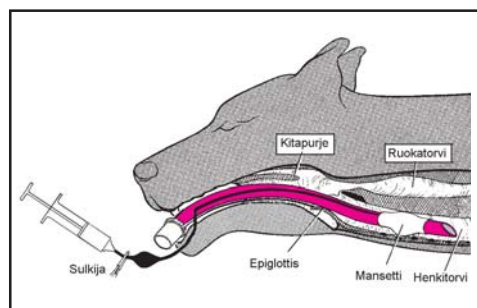
Intubaatiolla tarkoitetaan erityisen putken viemistä trakeaan, jotta ilmatiet pysyvät auki nielussa ja kurkunpäässä. Putki voidaan kytkeä anestesia-laitteeseen, jolloin anestesiaa ylläpidetään hengitettävän kaasuseoksen avulla. Periaatteessa eläimet tulisi intuboida myös käytettäessä i.v.-anestesiaa, koska näin voidaan varmistua avonaisesta ja laajasta yhteydestä alempiin hengitysteihin. Huoneilmaa (21 % happea) hengittävä eläin tarvitsee erityisen tehokkaan hengityskaasujen vaihdon. Jos anestesian syvyys sallii kirurgisen toimenpiteen, kärsii huoneilmaa hengittävä eläin käytännössä aina hypoksiasta. Injektioanestesiassa olevalle potilaalle pitääkin antaa lisähappia maskilla tai intubaatio-putken kautta.

Hyvin sairas, koomassa tai shokissa oleva eläin voidaan usein intuboida ilman esilääkitystä (elvytystilanteessa), mutta terve eläin vaatii esilääkityksen ja anestesian induktion. Esilääkityksen tarkoitus on helpottaa eläimen hallintaa, vähentää sen kokemaa ahdistusta ja välttää eksitaatiota ja stressireaktiota induktiohetkellä. Tähän soveltuvat useimmat rauhoittavat aineet. Monessa tapauksessa rauhoituksessa voidaan suorittaa esivalmistelut, kuten karvojen ajo ja leikkausalueen pesu. Tällöin vältetään turhan pitkiltä nukuksilta. Esilääkitysvaiheen aikana laitetaan myös i.v.-kanyyli. Induktio voidaan tehdä joko nopeasti vaikuttavalla injektioanesteetilla tai inhalatioanesteettia käyttäen maskin avulla (pienet eläimet). Maskinukutusta ei kuitenkaan suositella koska se on hidaskäyttöinen menetelmä, aiheuttaa huonokuntoisellekin eläimelle stressiä ja vaatii hyvin korkeita anesteettipitoisuuksia. Lisäksi maskinukutuksen yhteydessä anesteettia vapautuu huoneilmaan. Nykyisten injektioanesteettien valikoimas-

ta löytyy maskinukutusta turvallisempia vaihtoehtoja.

Intubaatio-putket valmistetaan punaisesta kumista, silikonista tai PVC-muovista. Punaisen kumin haittana on haurastuminen, läpinäkymättömyys, taittuminen ja henkitorven limakalvon ärsytys (yskiminen anestesian jälkeisinä päivinä). Silikoni on suositeltavampaa vähäisen kudosaärsytyksen, joustavuuden ja läpinäkyvyyden vuoksi. Käytön jälkeen putket pestään huolella pulloharjalla, kuumalla vedellä ja kumille sopivalla pesuaineella. Jos käytetään desinfiointiainetta, se on huuhdeltava erittäin hyvin pois. Silikoniputket voidaan steriloida autoklaavissa.

Tarvittavat välineet on otettava esille ennen induktiota. Valitaan pituudeltaan ja paksuudeltaan sopiva putki, ja tarkistetaan, ettei ilmamansetti (kuva 17-1) vuoda. Putken on oltava läpimitaltaan suurin mahdollinen, liian kapea putki vaikeuttaa hengitystä ja ilmamansettia joudutaan täyttämään liikaa. 5 kg painaville KOIRALLE ja KISSALLE sopii intubaatio-putki, jonka sisähalkaisija on noin 5 mm, 20 kg KOIRALLE noin 10 mm, PIKKUVARSALLE 12 mm ja isolle HEVOSELLE 25–30 mm. LYHYTKUONOISELLA KOIRALLA henkitorvi on kapeampi kuin vastaavanpainoisella normaali-rakenteisella koiralla. Sopiva putken pituus



Kuva 17-1. Intubaatio-putken asento nukutulla koiralla

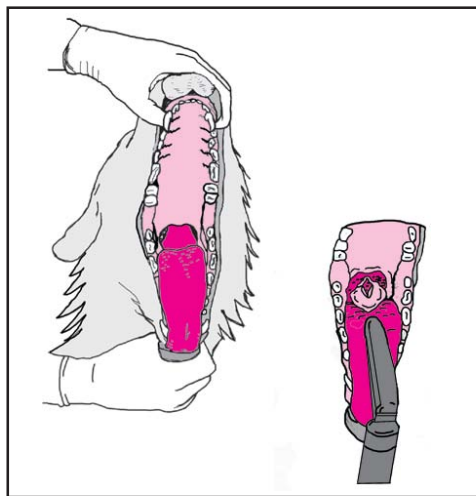
mitataan asettamalla putki pään sivulle pitkän ilmäteitä siten, ettei putki ulotu olkanivelen kaudaalipuolelle (kuva 17-1). Katsomalla kuinka paljon putkesta tällöin työntyy ohi kuonon tai turvan, voidaan arvioida kuinka syväälle putki työnnetään. Näin vältetään intuboimasta toiseen keuhkopuoliskoon. Liian pitkää putkea pitää lyhentää kuolleen tilan minimoimiseksi, <10 kg painoisilla eläimillä putki saa ulottua korkeintaan etuhampaisiin asti. Ennen induktiota mansettialueelle levitetään pieni määrä liukastetta helpottamaan putken asettamista ja estämään limakalvovaurioita. Samalla tarkistetaan, että putkeen ei ole tarttunut karvoja tai muita esineitä, jotka saattavat työntyä trakeaan.

Keisarileikkaukseen tuleva tai muuten huonokuntoinen koira tai kissa ja kaikki lyhytkuonoiset koirat esihapetetaan tiiviillä maskilla 5 minuutin ajan ennen induktiota. Esihapetuksen avulla saadaan eläimen (ja sikiöiden) veren happipitoisuus nostettua ja ylläpidettyä hyvällä tasolla induktion ja intuboinnin aikana. Kaikille pieneläimille annetaan maskilla hapetta myös induktion aikana.

KOIRA on helppo intuboida, eikä sen nielu ole kovin herkkä. Vaikka koira joskus saadaan intuboitua syvässä esilääkityksessä, kurkunpään ärsyttäminen voi aiheuttaa sydämen rytmihäiriöitä (vagusvaikutus) puolihereillä olevalle koiralle. Koiran ja kissan intuboinnin onnistumiseksi kaulan on oltava suorana ja nielun alueelle ei saa kohdistaa puristusta. Avustajan käsi ei saa kiristää niskanahkaa eikä painaa nielusta. Avustaja nostaa eläimen rinnalleen ja avaa sen suun yläleukaa kohottamalla ja vetämällä kielen ulos. Eläin olisi tarvittaessa osattava intuboida myös sen maatessa kyljellään tai selällään pöydällä sekä ilman avustajaa. Laryngoskoopi helpottaa intubointia, antaa valoa ja vähentää traumariskejä. Laryngoskoopin käytön hallinta on tärkeää etenkin brakykefaalisilla koirilla ja hätätilanteissa. Laryngoskoopin kärki painetaan syväälle kielen tyveen juuri kurkun kannen alle, jolloin kurkunkansi kääntyy alaspäin. Putki ohjataan kärkiosa edellä

äänihuulten välistä niiden ollessa maksimaalisesti auki ja pyörytetään 90 astetta, väkisin ei saa yrittää työntää. Trakean rustorenkaat tuntuvat, kun putki ohjautuu oikeaan paikkaan (kuvat 17-1 ja 17-2). Kun putki osuu trakean yläpäähän, koira saattaa hieman köhiä, voimakas köhiminen osoittaa anestesian olevan liian pinnallinen ja induktioainetta lisätään ennen kuin intubointia jatketaan. Intuboinnin jälkeen putken paikka tarkistetaan laryngoskoopilla. Jos arytenoidirustot ovat putken dorsaalipuolella, putki on trakeassa, jos ventraalipuolella, putki on ruokatorvessa. Putkeen sidottu side kiinnitetään yläleuan ympärille kulmahampaiden takaa tai lyhytkuonoisilla korvien takaa niskaan. Jos side on yläleuassa tiellä (kirurgia ao. alueella tai endoskoopiointi), voidaan se sitoa alaleuan ympärille.

Putki kiinnitetään paikoilleen ennen mansetin täyttämistä. Mansetti täytetään hitaasti painaen samalla pussin avulla kaasua keuhkoihin maksimaalisesti 20 cmH₂O paineella, kunnes sitä ei enää suhise mansetin ohi. Mansettia ei saa koskaan täyttää liikaa, koska trakean limakalvoon voi tulla painenekrooseja tai putki voi painua ka-



Kuva 17-2. KOIRAN nielu. Arytenoidirustojen välissä on trakean aukko ja ventraalisesti kurkunkansi, joka usein on juuttuneena pehmeän kitalaen taakse avattaessa koiran suuta. Laryngoskoopin kärki painetaan kurkunkannen alle, jolloin kurkunkansi kääntyy alaspäin.

saan. Auskultoimalla tarkistetaan, että hengitysäänit kuuluvat molemmilta puolilta, kun eläintä ventiloidaan. Intuboinnin jälkeen tulee aina tarkistaa putken asento, ettei se pääse taipumaan ja siten tukkeutumaan esim. leikkauspöytää nostettaessa tai potilasta siirrettäessä. Nukutuksen kestävyydessä myös kondensoituvaa vettä voi tulla putken.

KISSAN nielu on hyvin herkkä ärsytyksille ja vaatii siksi puuduttamista ja melko syvää anestesiaa spasmin välttämiseksi. Ruiskulla ja ohuella neulalla (josta neulaosa on katkaistu pois) tiputetaan muutama pisara injektio*lidokaiinia* suoraan kissan äänihuulille ja arytenoidirustoille. Spraypuudute ei sovellu kissoille, koska valmisteen nykyiset apuaineet voivat aiheuttaa kissoilla allergisen reaktion (nielun turpoaminen). 1–2 minuutin kuluttua kissa voidaan intuboida laryngoskoopin avulla kuten koira. Putki kiinnitetään sideharsolla niskaan.

HEVONEN intuboidaan yleensä sokkona. Anestesian induktion jälkeen hevosen pää ja kaula oikaistaan siten, että kulma vastaa käytettävän putken kaarevuutta. Suu avataan kiilan, kapulan tai suunavaajan avulla, kieli vedetään pois edestä ja tuubi viedään nieluun. Poskihampaita pitää varoa, sillä ne saattavat puhkaista tuubin päässä olevan mansetin. Pieni kiertoliike helpottaa tuubin työntämistä trakeaan. Ennen kaatoa hevosen suu on syytä huuhtoa esimerkiksi vesiletkulla, sillä suuhun jääneet roskat saattavat joutua intuboinnin yhteydessä henkitorveen.

NAUDAN suu avataan induktion jälkeen suunavaajalla. Putken pää viedään kämmenen sisässä nieluun. Kurkunpää etsitään tunnustelemalla, ja putki ohjataan sormilla trakeaan. Jos putki joutuu ruokatorveen, se saattaa laukaista regurgitaation. Tällöin se jätetään paikoilleen ja mansetti täytetään, jotta rehumassa tulisi putken kautta suoraan ulos suusta, ja toinen putki työnnetään trakeaan. Tämän jälkeen voidaan ottaa ruokatorvessa oleva putki pois. Trakeotubia poistettaessa pitää suussa mahdollisesti oleva pötsin sisältö poistaa ennen mansetin tyhjentämistä.

LAMPAAT ja **VOUHET** intuboidaan pitkän, käyrän laryngoskoopin avulla induktion jälkeen. Nielu kannattaa ensin puuduttaa hyvin esim. *lidokaiinispraylla*. Tuubi pujotetaan äänihuulten välistä trakeaan.

SIAN intuboinnissa vaikeutena on nielun muoto ja herkkyys spasmeille. Anestesian induktion jälkeen nielu puudutetaan kunnon *spraylla*. Pitkällä, suoralla laryngoskoopilla saa parhaan näkyvyyden. Jos pehmeä kitalaki on kurkunpään edessä, sen voi varovasti painaa nielun kattoa kohti jollakin tylpällä välineellä. Trakeotubin sisään laitettava suora kovike helpottaa sen käsittelyä. Hyvin liukastettu tuubi viedään trakeaan äänihuulten välistä kiertävällä liikkeellä ja kovike poistetaan samalla sen sisältä. Täysikasvuisella sialla intubaatio voi onnistua myös sormin tunnustelemalla ja ohjaamalla.

Laskimokanylointi

Kaikille nukutettaville eläimille on laitettava laskimokanyyli. Suora yhteys verenkierrojärjestelmään on tärkeä varsinkin kriisitilanteessa, jolloin verenpaine yleensä laskee. Kanyyli helpottaa lääkkeiden antamista induktion ja anestesian aikana ja vähentää samalla ärsyttävien perivaskulaaristen injektioiden vaaraa. Se on välttämätön myös infuusion annossa.

Kanyyli saadaan pysymään auki täyttämällä se laimealla *hepariini*liuoksella (esim. Heparin® 5000 IU/100 ml 0,9 % NaCl-liuosta hevosilla, 600 IU/100 ml pieneläimillä), jolla se myös huuhdellaan lääkitysten ja näytteenottojen jälkeen tai käytetään mandriinia kanyylissa. Jotkut lääkkeet saattavat sakkautua keskenään, joten kanyyli on huuhdeltava eri valmistesten välillä. Kolmitiehana on kätevä lääkkeitä annettaessa, ja se estää myös ilman pumppautumisen suoneen ja veren tunkeutumisen kanyyliin.

KOIRILLA ja **KISSOILLA** kanyyli laitetaan yleensä *v. cephalicaan* tai kintereessä olevaan *v. saphenaan*. Pieniä kanyylejä (22 G) käytettäessä täytyy etenkin kissoilla ensin viiltää ihoon pieni reikä. Jos eläin on esilääkitty verisuonia supistavalla tai verenpainetta alentavalla lääkkeellä, voi suonen löy-

täminen olla vaikeata. Kanyloitavalta alueelta tulee aina ajaa karvat sekä hygieenisistä syistä että helpottamaan toimenpidettä. Alue desinfioidaan, muttei niin märäksi, etteivät teipit enää tartu. Tarvittaessa voi rauhoitetulla eläimellä käyttää kielen alla keskiviivan kummallakin puolella näkyvää *v. sublingualista* ja teipata kanyyli kuivatuu kieleen. Myös *v. jugularis* on helppo löytää staasaamalla aperturasta.

HEVOSELLE ja **MÄREHTIJÖILLE** kanyyli on yleensä helpointa laittaa kaulalaskimoon (*v. jugularis*). Pistoskohtaan voi tarvittaessa ruiskuttaa nahan alle 1–2 ml puudutusainetta. Ihoon voi ensin tehdä pienen viillon.

Useiden kanyyliin kannassa on reiät, joiden avulla ne voi suturoida kiinni ihoon, tai kanyylin ympärille voi kiinnittää perhosmaisesti teipin, jonka läpi tikit voidaan laittaa.

SIALLE kanyyliin voi laittaa korvasuoneen. Suonet saadaan paremmin näkyviin, kun korva puhdistetaan alkoholipitoisella aineella ja laskimoa staasataan korvan tyvestä. Tarvittaessa suonta voi laajentaa ruiskuttamalla siihen pienellä neulalla 1–2 ml 2 % **lidokaiinia**. Kanyyli kiinnitetään laastarilla korvalehden ympärille. Kiinnityksestä saa tukevamman, jos korvalehden sisäpuolelle laitetaan esim. sideharsorullia.

18. Anestesian seuranta

Marja Raekallio, Jan Rähä & Erja Kuusela

Anestesian aikana tulee seurata verenkierto- ja hengityselimistön sekä keskushermoston toimintaa ja eläimen ruumiinlämpöä. Myös neste-, elektrolyytti- ja happo-emästasapainoa on syytä tarkkailla. Potilaan tila ja käytetyt lääkeaineet tulee aina kirjata anestesiakertomukseen tai tarkoitusta varten tehdylle lomakkeelle. Komplikaatiot on tietenkin helpointa hoitaa ehkäisemällä ne ennakolta tai huomaamalla mahdolliset ongelmat ajoissa huolellisen seurannan ansiosta, mutta myös kriisitilanteisiin ja nopeaan elvytykseen on syytä varautua.

Sydän ja verenkiertoelimistö

Valtimopulssin tunnustelu sormin antaa käsityksen ääreisverenkierrosta. Siten voidaan arvioida sydämen syketiheyttä ja rytmisiä. Paineaallon voimakkuus (pulsripaine eli systolisen ja diastolisen paineen ero) riippuu sydämen lyöntilavuudesta, joten se kuvaa sydämen supistumisvoimaa ja kammioiden täyttymistä, mutta kuvastaa huonosti muutoksia valtimopaineessa.

KOIRALLA ja KISSALLA ääreisvaltimopulssi tuntuu helposti metatarsaalialueella. Etupään valtimoista helpoiten palpoitavissa on *a. lingualis*, joka sijaitsee kielen ventraalipinnalla olevan uurteen pohjalla. Myös reisivaltimopulssia voidaan tunnustella, mutta se ei enää kuvasta ääreisverenkiertoa. HEVOSELLA *a. facialis* leukaluun alaosassa soveltuu valtimopulssin tunnusteluun. Kun pulssin voimakkuus ennen anestesian alkua tunnustellaan, voidaan anestesian aikaiset vaihtelut havaita vertaamalla alkutilanteeseen.

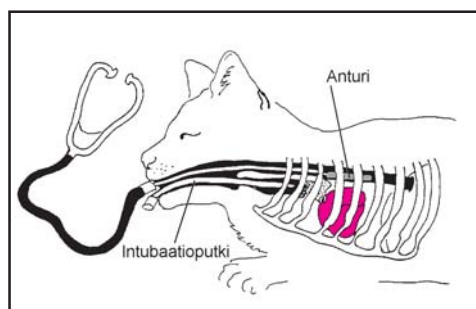
Perifeeristä perfuusiota voidaan arvioida myös limakalvojen värin perusteella. Kalpeat limakalvot ja pidentynyt kapillaarien täyttymisäika (normaalisti <2 s) sekä

vähentynyt verenvuoto leikkausalueella, anuria ja viileät raajat ja iho viittaavat vasokonstriktioon ja huonontuneeseen perifeeriseen perfuusioon. Vasodilataatio parantaa perifeeristä perfuusiota, mutta liian voimakkaana se myös alentaa verenpainetta.

Sydämen syketiheyttä ja rytmisiä voidaan seurata myös mm. EKG:n, sähköisen sykemittarin, pulssioksimetrin, esofagiaalisen stetoskoopin tai Doppler-verenvirtausmittarin avulla, jotta havaittaisiin bradykardia, takykardia, muutokset syketiheydessä tai epäsäännöllinen rytmi. EKG:n avulla voidaan lisäksi mitata sydämen sähköistä aktiiviteettia ja erotella rytmihäiriöitä.

Esofagiaalinen stetoskooppi voidaan tehdä jatkamalla tavallista stetoskooppia tylpällä, rei'itetyllä, jäykällä muoviputkella, joka työnnetään ruokatorveen (ainoa paikka, johon se pieneläimillä menee, jos intubaatioputki on trakeassa) siten, että reiät sijaitsevat juuri sydämen tyven kohdalla (kuva 18-1). Stetoskooppi voidaan myös kytkeä elektronisesti toimivaan kaiuttimeen.

EKG:a voidaan tarkkailla kuvaruudulta, mutta paperille piirretystä käyrästä on hel-



Kuva 18-1. Esofageaalinen stetoskooppi työnnetty pieneläimillä itsestään nieluun, kun intubaatioputki on paikallaan. Stetoskoopin perforoitu membraani asetetaan sydämen tyven kohdalle.

pompi arvioida progressiivisia muutoksia, kuten T-aallon ja QRS-kompleksin muotoa tai rytmihäiriöitä. Elektrodit kiinnitetään ihoon hauenleuoilla, jolloin väliaineena käytetään esim. geeliä tai suolaliuosta. Leuat eivät saa olla liian terävät tai tiukat, ettei ihoon tule puristusvaurioita. Levy- ja neulaelektrodien käyttö on hankalampaa: ne irtoavat helposti ja vaativat karvojen ajon sekä ihon puhdistuksen. Johtojen kiinnityskohdat voidaan valita tilanteen mukaisesti, kunhan PIENILLÄ ELÄIMILLÄ RA on sydämen rostraalipuolella, LL sydämen kaudaalipuolella ja LA (maadoitus) ei ole kontaktissa muihin johtoihin. ISOILLA ELÄIMILLÄ RA voidaan laittaa rintalastan läheisyyteen, LL korkealle rintakehään *spina scapulan* luo ja LA minne tahansa (useimmiten kaulaan). Jos leikkauksen aikana halutaan tarkkailla spesifisiä kytkentöjä, elektrodit on kiinnitettävä standardien mukaisesti.

Pulssioksimetrillä seurataan perifeeristä pulssiaaltoa pienissä arterioleissa. Laite ilmoittaa pulssin tiheyden ja joissain laitteissa voidaan seurata myös ns. pletysmografista pulssiaaltoa, joka kuvaa verisuonten laajentumista pulssin mukana. Laitteen toimintaa on tarkemmin kuvattu jäljempänä.

Valtimoverenpaine riippuu sydämen lyöntitilavuudesta, verisuonten kapasiteetista ja veritilavuudesta. Aivojen ja koronariisuonten perfuusio on yleensä riittävä, jos systeeminen keskipaine on ainakin 60 mmHg ja systolinen paine 80 mmHg. HEVOSELLA keskiverenpaine 70–80 mmHg takaa yleensä myös lihasten riittävän verenkierron. Toisinaan elimistö voi ylläpitää systeemistä verenpainetta perifeerisen perfuusion kustannuksella. Verenpainetta voidaan mitata joko suoralla tai epäsuoralla menetelmällä.

Suora menetelmä on luotettava, ja se mahdollistaa jatkuvan verenpaineen seurannan, mutta valtimoon on silloin laitettava kanyyli. KOIRALLA voidaan käyttää *a. femoralista* tai *a. dorsalis metatarsalista* ja HEVOSELLA esim. *a. facialisista*. Paine voidaan mitata manometrillä tai verenpainemittarilla.

Epäsuoralla menetelmällä verenpaine voidaan mitata raajan distaaliosasta tai

hännän tyvestä. Painemansetti laitetaan paikoilleen ja täytetään. Mansetin annetaan hitaasti tyhjentyä, ja samalla seurataan veren virtauksen palautumista oskillometrillä tai Doppler-virtausmittarilla. Markkinoilla on myös oskillometrejä, jotka automaattisesti täyttävät mansetin ja mittaavat verenpaineen säännöllisin väliajoin ja ilmoittavat äänimerkillä, jos paine laskee alle asetetun minimiarvon. Näiden toiminta saattaa häiriintyä, jos syke on kovin epäsäännöllinen, eivätkä ne yleensä toimi luotettavasti <15 kg painoisilla eläimillä.

Syke ja verenpaine ovat tärkeitä anestesian riittävyuden ja syvyyden arvioinnissa relaksoiduilla potilailla, joilla esim. useimmat refleksit eivät toimi lihasrelaksaation takia.

Keskuslaskimopainetta (CVP) mitataan intratorakalisesta *v. cava cranialiksesta*, johon voidaan laittaa kanyyli *v. jugulariksen* kautta. Laskimopaine voidaan arvioida nestepatsaan korkeuden perusteella katkaistua infuusioletkua ja kolmitiehanaa hyväksikäyttäen. Keskuslaskimopaine nousee vasokonstriktiossa ja hypovolemiassa tai sydämen toiminnan heiketessä, mutta paine laskee vasodilataatioissa, hypovolemiassa ja mittauspaikkaan nähden perifeerisen tukoksen vuoksi. KOIRAN ja KISSAN laskimopaine on normaalisti 0–5 cmH₂O.

Keuhkovaltimopaineen mittaaminen antaa tietoa sydämen oikean puoliskon toiminnasta. Se mitataan *a. pulmonarikseen* kaulalaskimon kautta työnnetyn kanyylin avulla.

Hengityselimistö

Hengitystiheys ei anna paljoa tietoa ventilaation riittävydestä, sillä siihen vaikuttaa myös hengityksen syvyys. Muutokset hengitystiheydessä voivat kuitenkin johtua potilaan tilan muutoksista, joiden syyt pitäisi selvittää. Heti induktion jälkeen, kun anestesia on vielä pinnallinen, hengitys saattaa olla epäsäännöllistä tai eläin voi jopa olla jonkin aikaa hengittämättä. Hengitystiheyttä voidaan seurata esofa-

gusstetoskoopilla tai erilaisilla hengitysmontoreilla.

Pulssioksimetri antaa välitöntä ja jatkuvaa tietoa kudosten hapensaannista. Laitteessa on kaksiosainen anturi, joka kiinnitetään hyvin verisuonitettuun kohtaan, esim. nukutetulla PIENELÄIMELLÄ kieleen tai HEVOSELLA sierainten väliseinään. Anturin toinen osa lähettää kahta infrapuna-alueen valon aallonpituutta kudoksen läpi ja läpäisyt valo mitataan. Hapettunut ja hapettumaton hemoglobiini absorboivat valoa eri tavoin, minkä perusteella pulssioksimetri ilmoittaa hemoglobiinin happikylläisyyden. Normaalisti tämä ns. happisaturaatio on yli 95 %, mutta se laskee nopeasti hapen saannin tai kuljetuksen estyessä. Heikentyneessä kudospertuusiassa (esim. **medetomidiniin** jälkeen, hypotermia, shokki) pulssisignaali saattaa olla riittämätön. Pulssioksimetri on käyttökelpoinen huoneilmaa hengittävällä rauhoitetulla tai tehohoitoa vaativalla potilaalla kertoen lisähapen tarpeesta.

Uloshengityskaasun hiilidioksidipitoisuus korreloi melko hyvin valtimoveren hiilidioksidiosapaineen (pCO_2) kanssa, joten sen avulla voidaan arvioida ventilaation riittävyttä. Sitä mitataan kapnometrillä, joka on liitetty trakeotuubiin erityisen välikkappaleen tai tuubin läpi pistetyn injektioneulan avulla. Kapnometri mahdollistaa hengityskaasun hiilidioksidipitoisuuden jatkuvan seurannan, joten se on tarpeellinen apuväline myös silloin, kun eläintä ventiloidaan mekaanisesti. Saatavissa on laitteita, jotka mittaavat lisäksi hengityskaasun happi- ja anesteettipitoisuuksia.

Verikaasuanalyysin avulla voidaan seurata valtimoveren happi- ja hiilidioksidiosapainetta (pO_2 ja pCO_2) sekä happoemästäsapainoa. Alveoli- ja arteriaalihappiosapaineiden ero voidaan laskea, jos sisäänhengityskaasun happiosapaine tunnetaan. Verinäyte otetaan heparinoituun ruiskuun valtimokanyylistä tai ohuella neulalla nahan läpi valtimosta, joka etsitään pulssia palpoimalla. Näytteenoton jälkeen pistokohtaa painetaan minuutin ajan, jotta estettäisiin hematooman muodostuminen.

Absorberin toiminta on seurattava käytettäessä kiertävää hengitysjärjestelmää (⇒ luku 16).

Keskushermosto

Anestesian syvyyttä voidaan arvioida seuraamalla spontaaniliikkeiden ja heijasteiden häviämistä. Heijasteita tulkittaessa pitäisi ottaa huomioon, että ne voivat jonkin verran vaihdella riippuen eläinlajista ja käytetystä anesteetista. **Hemodynaaminen vaste** eli sydänsynteisin ja verenpaineen voimakas nousu kirurgisen stimulaation seurauksena on merkki liian kevyestä anestesiasta.

Luumirefleks on HEVOSELLA yleensä havaittavissa sopivassa kirurgisessa anestesiassa. Sitä kokeiltaessa on varottava koskemasta korneaan, sillä kornearefleks säilyy hevosella vielä erittäin syvässäkin anestesiassa, vaikka kuolema lähestyisi. Normaalisessa kirurgisessa anestesiassa KOIRALLA ja KISSALLA ei useinkaan ole luomirefleksia, mutta kornearefleks säilyy. HEVOSET ja KOIRAT tuottavat kyyneleitä vain kevyessä anestesiassa. Kuiva ja himmeä kornea on niillä merkinä liian syvästä anestesiasta.

Pupillat ovat yleensä laajat ja keskellä luomirakoa sekä kevyessä että liian syvässä anestesiassa. Pupillojen koko ja valovaste vaihtelevat riippuen käytetyistä lääkeaineista. NAUDOILLA, KOIRILLA ja KISSOILLA silmämunat ovat useimpia anesteetteja (**ketamiinia** lukuun ottamatta) käytettäessä kääntyneinä sopivassa tai melko syvässä kirurgisessa anestesiassa, ja kolmas silmäluomi (vilkkuluomi) luiskahtaa PIENELÄIMILLÄ esiin. Tämä haittaa pupillan seuraamista. Sopivan syvässä anestesiassa pupilla on pieneläimillä miotoittainen tai hieman dilatoitunut, mutta liian syvässä pupilla laajenee ja siirtyy keskemmälle luomirakoa. Hyvin kevyessä anestesiassa voi olla nystagmista, mutta toisinaan sitä voi varsinkin HEVOSELLA näkyä koko operaation ajan, vaikka anestesian taso olisi sopiva. Kevyessä kirurgisessa anestesiassa silmämunat saattaa HEVOSELLA toisinaan myös pyöriä laiskasti kuopassaan.

Ääreishermoston stimulaattoreita voidaan käyttää seurattaessa hermo-lihas-

pääteeseen vaikuttavien lihasrelaksanttien tehoa. Elektrodit laitetaan hermon päälle. Sähköisen stimulaation aiheuttama lihasliike heikkenee ja lopulta katoaa, kun lihakset alkavat relaksoitua.

Lämmönsäätely ja virtsaneritys

Ruumiinlämpö mitataan useimmiten joko syvältä peräsuolesta tai ruokatorvesta. Ruokatorvesta mitattaessa mahdolliset muutokset huomataan nopeammin. Yleensä ruumiinlämpö laskee anestesian aikana, ellei eläintä lämmitetä, mutta myös

hypertermiaa on kuvattu monilla eläinlajeilla. Heräämisvaiheessa hypotermiasta johtuva vapina saattaa aiheuttaa hypoksi-aa ja hypoglykemiaa lisääntyneen lihastoiminnan seurauksena.

Virtsan erityksen seuraaminen antaa tietoa munuaistoiminnan lisäksi elinten perfuusiosta ja nestehoidon tehosta. Virtsamäärää on helppo mitata käyttäen rakkokatetria. Katetrointi on tehtävä aseptisesti. Naarailta voidaan käyttää Foleyn katetria ja uroksilla jotakin sopivan pituista ja paksuista katetria. Virtsaa pitäisi erittyä 1–2 ml/kg tunnissa anestesian aikana.

19. Heräämisen valvonta

Erja Kuusela, Maija Räihä, Jan Räihä & Marja Raekallio

Mitä herätessä tapahtuu?

Heräämisvaihe käsittää ajanjakson anesteetin annon lopettamisesta eläimen tietoisuuden ja refleksien palautumiseen. Anestesiasta toipuminen tarkoittaa normaalien elintoimintojen palautumista.

Heräämisvaiheen kestoon vaikuttavat käytetty anesteetti ja annos, anestesian pituus, ruumiinlämpö ja mahdolliset sairaudet. Injektioanestesiasta herääminen riippuu elimistön kyvystä metaboloida käytetyn anesteetin aktiiviset osat. Yleensä herääminen injektioanestesiasta on hitaampaa kuin inhalaatioanestesiasta, sillä inhalaatioanesteetit poistuvat hengityskaasujen mukana, ja vain pieni osa metaboloituu maksassa ja poistuu munuaisten kautta. Mitä pidempi anestesia-aika on (injektioanestesia), sitä kyllästetyimmäksi elimistö tulee, ja sitä kauemmin heräämisvaihe kestää. Myös hypotermia pidentää heräämisvaihetta, koska entsyymiaktiivisuus laskee.

Anestesian tason keventyessä hengitys tihenee ja syvenee, ja hengityksen kertaavuus kasvaa. Refleksit ja kivun tunto palautuvat. Hypotermisen eläimen elimistö yrittää tuottaa lämpöä lisäämällä lihasaktiiviteettia eli tärisemällä. Seurauksena voi olla hypoksia, koska happea kuluu runsaasti. Yleensä etupään motoriikka palautuu ennen takapäätä. Eläimen tajunta on palautunut, kun se kykenee makaamaan omin voimin rintansa päällä.

Toiminta heräämisvaiheen aikana

Haihduutin käännetään pois päältä, hengityspussi tyhjennetään poistoon ja hapen virtausta lisätään (kiertävässä järjestelmässä) anesteetin pitoisuuden laimentamiseksi. Eläimen annetaan hengittää puhdasta happea 3–5 minuutin ajan varsinkin, jos on käytetty ilokaasua. Näin estetään ilo-

kaasun aiheuttama diffuusiohypoksia ja vähennetään anesteetin vapautumista huoneilmaan. Käytettäessä **isofluraania** HEVOSILLA ei anestesiaa kevennetä ennen koneesta irrottamista.

Pieneläin nostetaan lattialle patjalle rauhalliseen, lämpimään ja vedottomaan paikkaan heräämään, hevonen heräämiskarsinaan. Pienikokoiset, pennut ja lyhytkarvaiset eläimet peitellään lämmönhukan estämiseksi. Kieli vedetään ulos ja pää ojentetaan.

Elintoimintoja (hengitys, pulssi, kapillaarien täyttymisaika, limakalvojen väri jne.) seurataan muutaman minuutin väliajoin, kunnes eläin on herännyt. Pulssioksimetrillä voidaan seurata kudosten hapensaantia ja eläimelle annetaan tarvittaessa lisähappea esim. maskin tai hevoselle sieraimen laitetun letkun avulla. Hevososen heräämiskarsinasta on yleensä syytä poistua, kun se alkaa liikutella jalkojaan. Kanyyli jätetään paikalleen, kunnes eläin on pystyssä, jotta sille voitaisiin tarvittaessa helposti antaa esim. kipulääkettä tai rauhoitusainetta suonensisäisesti.

Ruumiinlämpöä seurataan kunnes se on normalisoitunut. Hypoterminen eläin asetetaan lämpöpatjan päälle. Termostaatilla varustettu vesipatja ei yleensä aiheuta palovammoja, sähkövastuksella toimiva patja voi sen tehdä. Eläimen päälle voidaan laittaa peitto, jonka sisään puhalletaan lämmintä ilmaa (esim. Bair Hugger). Eläimen ympärille voidaan myös asettaa lämminvesipulloja (ei suoraan ihoa vasten), ja eläin peitellään esim. peitolla ja/tai lämpöä heijastavalla peitteellä. Vesipulloja voidaan nopeasti lämmittää mikroaaltouunissa, jos metalliset osat poistetaan. Jos heräämisvaiheessa käytetään sedatiiveja, ne vähentävät eläimen omaa kykyä tuottaa lämpöä aktiivisella liikkumisella ja metabolialla, jolloin hypo-

termia saattaa entisestään pahentua. Lämmön nousua seurataan n. 15 min välein aktiivisen lämmityksen aikana hypertermian välttämiseksi. Aktiivinen lämmitys lopetetaan kun eläimen lämpötila on $>37^{\circ}\text{C}$.

Jos eläimen rakko on täynnä, on se hyvä tyhjentää manuaalisesti puristamalla, mieluiten eläimen ollessa vielä anestesiassa. Monet eläimet ovat herätessään rauhattomia, jos rakko on täynnä.

Etenkin syvärintaisilla koirilla tulee seurata mahalaukun täyttymisastetta, ettei mahalaukku pääse laajenemaan ja mahdollisesti kiertymään. Tarvittaessa mahalaukun asennon voi tarkistaa letkulla ennen trakeotuubin poistamista.

Jaloilleen pyrkivää eläintä on seurattava, jotta se ei pääse vahingoittamaan itseään. Pehmustettu makuualusta, jossa jalat eivät liu'u, vähentää kaatumisesta aiheutuvia vammoja ja pitkäaikaisesta makaamisesta syntyviä ongelmia. Heräävä eläin ei saa myöskään joutua sellaiseen asentoon, että sen hengitystiet mekaanisesti tukkeutuvat.

Liian aikaisin ylös pyrkivä koira jää yleensä paikoilleen, jos se käsketään maahan ja sille puhutaan rauhallisesti. Hätäntyneelle tai hermostuneelle (usein nuorelle) koiralle voidaan antaa kivun ja ahdistuksen hoitoon **medetomidiniä** 1–2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ i.v.

KOIRALLA ja KISSALLA eksitaatio heti heräämisen jälkeen menee yleensä nopeasti (minuutissa) ohi. Tarvittaessa voidaan antaa 1–2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ **medetomidiniä** tai 0,2 mg/kg **diatsepaamia** i.v. Jos eksitaatio jatkuu, tarkistetaan, ettei se johdu kivusta antamalla **opioidia** i.v. Eksitaatio pyritään ehkäisemään varmistamalla, että heräämisympäristö on hiljainen eikä kivuliaita/stimuloivia toimenpiteitä (lämmönmittaus/rakon tyhjennys) tehdä juuri heräämisvaiheen yhteydessä. Heräämöön asennettu D.A.P.-feromonihaihdutin saattaa tynnyttää koiraa ja vähentää näin heräämiseen mahdollisesti liittyvää ahdistusta.

HEVOSEN nouseminen voi olla rauhaton, jos se yrittää pystyyn liian nopeasti. Tällöin auttaa pieni määrä (0,2–0,3 mg/kg) **ksylatsiinia**, jonka vaikutus kestää 10–15 min. Tänä aikana inhalaatioanesteettia ehtii pois-

tuua elimistöstä. Kenttäanestesian jälkeen voi olla tarpeen pidellä hevosta jonkin aikaa makuulla painamalla sen päätä ja kaulaa maata vasten. Jos hevonen ei ole noussut tunnissa anestesian loputtua, sitä voidaan vähän stimuloida, mutta sitä ei pitäisi väkisin ajaa ylös. Hevonen hengittää paremmin rinnallaan maatessaan kuin kyljellään, joten hypoksiaa epäiltäessä se tulisi tukea tähän asentoon. Jos happea annetaan, pitäisi virtauksen olla vähintään 15 l/min. Mikäli hevonen ei ole noussut 90–120 minuutissa leikkauksen jälkeen, se pitää tutkia lihas- ja hermovaurioiden varalta. Hypokalemia ja -kalsemia voivat myös aiheuttaa heikkoutta anestesian jälkeen. Jos hevonen yrittää nousta, muttei tue painoan yhdelle tai useammalle raajalle, voidaan epäillä ortopedista vauriota, myosiittia tai neurogeenista paralyysia.

Trakeotuubin poisto

Ekstubaatio tapahtuu paikassa, jossa on valmius nopeaan uudelleen intubointiin ja mahdollisuus antaa happea.

1. Puhdista nielu limasta, verestä tai muista eritteistä ja esim. hammaskiven kappaleista.
2. Löysää intubaatioputkea paikallaan pitänyt side ajoissa, sillä tiukan solmun kanssa on vaikea taistella, kun eläin on jo herännyt. Älä kuitenkaan anna putken liikkua, jottei mansetti vaurioittaisi trakeaa.
3. Päästä hieman ilmaa pois mansetista, mutta älä tyhjennä sitä vielä kokonaan. Jos eläin oksentaa heräämisvaiheen aikana, on tärkeätä, että putki on tiiviisti henkitorven seinämää vasten aspiraation estämiseksi.
4. Seuraa refleksien palautumista.
5. Päästä ilma pois mansetista. Jos trakeassa on nestettä tai vierasesineitä, voi putken poistaa myös mansetin ollessa hieman täytettynä, eläimen pää alaspäin. Vedä putki pois ventraalisuuntaan kaarevalla liikkeellä. Kiinnitä huomiota eritteisiin. Vedä kieli ulos ja kostuta se tarvittaessa.
6. Seuraa hengitystä.

KOIRALLA yskimisrefleksi palautuu ennen nielurefleksyä, joten herävän eläimen trakean turhaa ärsyttämistä pitää välttää. Putki poistetaan vasta, kun nielemisrefleksi on palautunut tai kieli alkaa tehdä spastisia liikkeitä. LYHYTKUONOISILLA KOIRILLA pehmeä kitalaki voi tukkia henkitorven aukon. Niillä putkea pidetään niin kauan kuin ne sitä sietävät ja hengityksen esteettömyyttä seurataan vielä vähintään tunnin ajan.

KISSAT ja SIAT voivat saada laryngospasmin putken aiheuttamasta *larynxin* ärsytyksestä, joten niillä ekstubaatio ennen refleksien palautumista saattaa olla perusteltua.

HEVOSEN trakeotuubi poistetaan, kun hevonen alkaa niellä ja pureskella. Kädellä tunnustellaan, tuleeko ilmaa molemmista sieraimista. Laryngospasmi tai kurkunpään

paralyysi voivat toisinaan ilmetä putken poistamisen jälkeen. Jos hengitys on pahasti vaikeutunut, saattaa trakeotomia olla tarpeen kuten myös monien sierainten ja kurkunpään operaatioiden yhteydessä. Pitkän anestesian seurauksena sierainten limakalvot voivat olla turvoksissa, mikä vaikeuttaa hengitystä. Tarvittaessa hevonen voidaan intuboida sieraimen kautta, ja putken annetaan olla paikoillaan riimuun kiinnitettynä, kunnes hevonen seisoo.

MÄREHTIJÄT tuetaan leikkauksen jälkeen rinnalleen niin pian kuin mahdollista, että röyhtäilyrefleksi pääsee toimimaan. Trakeotuubi pidetään paikoillaan mansetti täytettynä, kunnes eläin nielee, jotta aspiraatiolta vältytään. Suu ja nielu pyritään puhdistamaan syljistä ja pötsin sisällöstä ennen putken poistoa.

20. Perioperatiivisen ja kroonisen kivun lievitys

Outi Vainio & Erja Kuusela

Leikkaukseen liittyy melkein aina kipua, jonka määrä ja laatu vaihtelevat. Yleensä kipu johtuu tehdyn toimenpiteen aiheuttamasta kudolvauriosta ja siksi se on voimakkainta heti leikkauksen päättyessä, kun nukutusaineiden kipua poistava vaikutus on hävinnyt. Perioperatiivinen kivunlievitys jakautuu käytännössä kolmeen osaan: pre- intra- ja postoperatiiviseen vaiheeseen.

Suomalaisten eläinlääkäreiden suhtautumista eläinten leikkauksesta johtuvaan kipuun on tutkittu kyselytutkimuksessa. Tulokset osoittivat, että suhtautuminen eri eläinlajien kokemaan kipuun vaihteli. Tutkimukseen osallistuneet eläinlääkärit määräsivät koirille useammin kipulääkkeitä leikkauksen jälkeen kuin kissoille. Siitä pääteltiin, että eläinlääkäreillä oli taipumus aliarvioida kissojen tuntemaa kipua. Eläinlääketieteellisen kivunhoidon ihanteena olisi turvata jokaisen eläimen kivuttomuus, mutta käytännössä kivunhoitoa voidaan pitää onnistuneena, jos eläimen tuntema kipu ei estä sitä viettämästä normaalia lajilleen tyypillistä elämää.

Vastasyntyneiden kyvystä tuntea kipua ei ole varmaa tietoa. Parin viimeisen vuosikymmenen aikana lääketiede on tullut siihen tulokseen, että vastasyntynyt lapsi tuntee kipua samalla tavalla kuin vanhempi lapsi tai aikuinen. Jos vastasyntynyt alkaa itkeä ja syke kiihtyy, kun häneen kohdistuu kivulias ärsyke (esim. lansetin kärki verinäytettä otettaessa), on järkevää olettaa että vauva tuntee kipua. Vastasyntyneet eläimet ovat syntyessään vähintään yhtä kehittyneitä kuin vauvat ja ne reagoivat kivuliaaseen ärsykkeeseen äännelemällä ja autonomisilla vasteilla (esim. sykkeen nousu). Siksi on perusteltua olettaa, että myös vastasyntyneet eläimet voivat tuntea kipua.

Sikiöiden kivuntunnosta ei ole näyttöön perustuvaa tietoa, mutta nyrkkisääntönä on pidetty ohjetta, jonka mukaan sikiöön kohdistuvia kivulioisia toimenpiteitä pitäisi välttää viimeisen tiineyskolmanneksen aikana. Suositus koskee myös munissa kehittyviä lajeja, kuten lintuja ja matelijoita. Kohdussa olevia sikiöitä operoitaessa on huomioitava, että emossa vaikuttavat lääkkeineet eivät välttämättä läpäise istukkaa. Siksi sikiön kivunpoistosta on huolehdittava erikseen.

Preoperatiivinen vaihe

Preoperatiivisena aikana potilas valmistellaan leikkaukseen. Huolellisen kliinisen tutkimuksen perusteella arvioidaan eläimen nukutuskelpoisuus ja valitaan käytettävä nukutusmenetelmä. Jo tässä vaiheessa pitäisi kiinnittää huomiota intra- ja postoperatiiviseen kivunlievitykseen. Tutkimusten mukaan kipulääkkeet tehoavat parhaiten ennen kivun syntymistä käytettynä (pre-emptiivinen analgesia). Siten leikkaukseen liittyvä kipu lievittyy parhaiten, kun kipulääke annetaan ennen ensimmäisen leikkauksivillon tekemistä. Myös tarvittavan kipulääkkeen kokonaismäärä jää pienemmäksi kuin pelkästään postoperatiivisesti lääkittäessä.

Pre-emptiiviseen kivunhoitoon käytetään samoja lääkkeitä (**opioidit, tulehduskipulääkkeet, puudutteet**), joilla hoidetaan postoperatiivista kipua. Kaikki tulehduskipulääkkeet eivät sovi perioperatiiviseen käyttöön niiden haittavaikutusten vuoksi. Anestesian aikaiset haitat perustuvat lähinnä siihen, että tulehduskipulääkkeet estävät verisuonia laajentavien prostanoidien synteesin. Munuaisten verenkierto vähenee ja seerumin kreatiniinipitoisuus suurenee. Potilaille kehittyy akuutti munuaisten vajaa-

Taulukko 20-1. Opioidien ja tulehduskipulääkkeiden vertailu.

	Opioidit	Tulehduskipulääkkeet
Vaikutusmekanismi	opioidireseptorien μ (OP3), δ (OP1), κ (OP2) aktivaatio	inhiboi syklo-oksigenaasin isoentsyymejä (COX-1, COX-2)
Vaikutus anestesiaan	Voi hidastaa heräämistä	Ei vaikuta heräämiseen
Lievittyvä kipu	Vakava	Kohtalainen tai vähäinen
Sykkeen vaste	Voi harventua	Ei suoraa vaikutusta
Verenpaineen vaste	Voi laskea	Ei suoraa vaikutusta
Hengitystiheyden vaste	Lamaavat hengitystä*	Ei vaikutusta
Anestesian aikainen ruumiinlämpö	Saattaa edesauttaa anesteettien hypotermista vaikutusta	Antipyreettinen. Ei vaikuta anesteettien hypotermiseen ominaisuuteen.
Vaikutus endotoksemiassa	Ei vaikutusta	Lievittää oireita
Muita ominaisuuksia	Voi olla euforinen	Anti-inflammatorinen
Annoksen titraaminen	Agonisteilla voi, mutta agonisti-antagonisteilla annosta ei voi titrata.	Annoksen voi titrata
Vakavimmat sivuvaikutukset	Hengityslama, vähentynyt suoliston liike	Mahasuolikanavan ärsytys, verenvuodot, akuutti munuaisten vajaatoiminta
Spesifinen antagonisti	Naloksoni	Ei ole
Yhteiskäyttö	Agonisti-antagonisteja harkiten. Tulehduskipulääkkeisiin voi yhdistää.	Ei muiden tulehduskipulääkkeiden kanssa. Opioideihin voi yhdistää.
Pre-emptiivinen kivunhoito	Käyttökelpoinen	Käyttökelpoinen. Voivat altistaa munuaiset hapenpuutteen haitallisille vaikutuksille.
Muita huomioita	Väärinkäyttö mahdollista	Ei sosiaalisia ongelmia

* Opioidien hengitystä lamaava vaikutus vaihtelee. Buprenorfiini on yksi vähiten hengitystä lamaavia.

toiminta, jossa vähäisen virtsanmuodostuksen lisäksi natriumia kertyy elimistöön. Perioperatiiviseen käyttöön soveltuvat parhaiten selektiiviset tulehduskipulääkkeet, joiden vaikutus kohdistuu mahdollisimman tarkasti syklo-oksigenaasi-2-entsyymiin (COX-2)estoon. **Karprofeenia, meloksikaamia** ja **selekoksibia** pidetään tällä hetkellä parhaiten pre-emptiiviseen käyttöön soveltuvina tulehduskipulääkkeinä. Selekoksi-bista ei ole vielä kliinistä käyttökokemusta eläimillä. Tulehduskipulääkkeet eivät hidasta potilaan heräämistä. Opioidoja käytettäessä on varsinaisten anesteettien määrää syytä vähentää. Opioidien ja tulehduskipulääkkeiden ominaisuuksia perioperatiivisessa käytössä on kerätty taulukkoon 20-1.

Joillakin esilääkkeinä käytetyillä rauhoitusainella (α_2 -agonistit) on analgeettinen vaikutus, joka annoksesta riippuen voi jatkua vielä postoperatiivisesti. Myös muut

rauhoitussaineet, kuten fentiatsiin johdokset (**asepromatsiini**) ja bentsodiatsepiinit (**diatsepaami, midatsolaami, tsolatsepaami, nitratsepaami, klooridiatsepoksidi**) parantavat yhdistelmäanestesioiden analgesiaa vaikka ne yksinään käytettyinä eivät ole kovin tehokkaita kivun poistajia. Rauhoitavien aineiden nukutus- ja kipulääkkeiden tehoa potensioiva vaikutus on huomioitava anesteettien annoksia valittaessa.

Intraoperatiivinen vaihe

Anestesiologin ihanteena on jokaiselle eläimelle yksilöllisesti räätälöity nukutus, joka ottaa huomioon sekä potilaan että toimenpiteen erityisominaisuudet. Nukutus on aina elimistölle stressi eikä ole potilaan edun mukaista pitää sitä syvässä anestesiassa koko toimenpiteen ajan. Tavoitteena on hyvä perusanestesia, jonka analgesiaa tehostetaan siinä vaiheessa,

kun siirrytään toimenpiteen erityisen kivuloiseen vaiheeseen. Tällöin elimistölle aiheutettu rasitus pysyy mahdollisimman vähäisenä, mikä lisää nukutuksen turvallisuutta sekä nopeuttaa toipumista. Eläinten intraoperatiiviseen kivunpoistoon on menestyksellisesti käytetty opioideja, kuten **buprenorfiinia** tai **butorfanolia**. Myös **lidokaiini**-infuusiolla on annoksesta riippuva inhalaatioanesteettien MAC:ia alentava vaikutus. Esimerkiksi HEVOSELLE sitä on annettu alkuannoksena lidokaiinia 2,5–5 mg/kg 5 minuutin aikana ja ylläpitoon 0,05–0,1 mg/kg/min. Edullisten ominaisuuksiensa vuoksi intraoperatiivisen kivunhoidon antamista olisi syytä lisätä eläinlääkinnässä.

Yleinen käsitys on, että liikkumatta makaava nukkuvu potilas on kivuton. Tosi-asiassa myös nukutettu potilas voi reagoida kipuun. Jos potilaan verenpaine, syke ja hengitystiheys nousevat kesken anestesian, on syytä epäillä, että potilas tuntee kipua. Erityisesti näin on asianlaita silloin, kun mainitut autonomiset vasteet näyttävät liittyvän kivuliaaksi tiedettyyn toimenpiteeseen. Kipu vapauttaa lisämunuaisten verenkiertoon ytimeistä katekoliamiineita (adrenaliini, noradrenaliini), jotka erityisesti halotaaninukutuksen aikana voivat lisätä sydämen rytmihäiriöiden mahdollisuutta. Jos nukutettu eläin näyttää reagoivan kipuun, anestesiaa on syvennettävä tai eläimelle on annettava intraoperatiivisesti kipulääkkeitä.

Postoperatiivinen vaihe

Leikkauksen jälkeisen hoidon tarkoituksena on tukea ja nopeuttaa potilaan toipumista tehdystä toimenpiteestä. Postoperatiivinen aika kestää 24 tuntia siitä alkaen, kun eläin on heräämässä nukutuksesta tai rauhoituksesta. Jotkut (ihmis)anestesiologian koulukunnat venyttävät postoperatiivisen ajan 72 tuntiin. Eläin on herännyt nukutuksesta, kun sen tajuisuutta vaativat reaktiot ovat palautuneet – kun siihen saadaan tietoinen kontakti. Potilaan toipuminen nukutuksesta kestää paljon kauemmin, noin vuorokauden.

Pelkkä nukutus ilman muita toimenpiteitä on elimistölle rasite, joka kaksinkertaistaa verenkierron katekoliamiinien määrän. Kirurginen trauma aiheuttaa lisäksi elimistön endokriinisessä järjestelmässä muutoksia, jotka johtavat kataboliseen tilaan. Tämä yhdistettynä ruokahalun puutteeseen aiheuttaa painon menetystä. Toimenpiteestä johtuva kipu lisää verenkierron katekoliamiineja sekä vähentää edelleen ruokahalua. Kohonnut adrenaliinipitoisuus yhdistettynä mahdolliseen hapenpuutteeseen lisää rytmihäiriöiden mahdollisuutta myös anestesiasta heränneellä potilaalla.

Postoperatiivisen kivun ja stressin lievittäminen nopeuttaa eläimen toipumista kirurgisesta operaatiosta. Asianmukainen kipulääkitys vähentää stressihormonien määrää ja siten edesauttaa aineenvaihdunnan siirtymistä kudoksia hajottavasta, katabolisesta tilasta kudoksia lisäävään, anaboliseen vaiheeseen. Kivun lievittäminen nopeuttaa virtsaamis- ja ulostustoimintojen normalisoitumista sekä parantaa ruokahalua. Pienempi adrenaliinin määrä verenkierrossa vähentää postoperatiivisten arytmioiden riskiä.

Kivun voimakkuuden arviointi

Leikkauksen jälkeisen kivun voimakkuuden arviointi on vaikeaa. Eläimen käyttäytymisestä ja ulkonäöstä on pääteltävä, kärsiikö eläin kivusta vai ei. Eri eläinlajit ilmaisevat kipua eri tavalla ja myös eläin yksilöiden välillä on eroja. Siksi hoidosta päättävän henkilön on tiedettävä, millainen kipukäyttäytyminen on ominaista lajille ja kyseessä olevalle yksilölle. Näiden havaintojen perusteella valitaan sopiva kipujen lievitystapa.

Joitakin eläinten akuutin kivun tunto-merkkejä on esitetty taulukossa 20-2. Kivun tuntomerkkien puuttuminen ei takaa eläimen kivuttomuutta. Jos ei ole täyttä varmuutta siitä, onko potilaalla kipuja, sen voi testata antamalla kipulääkkeitä. Jos eläimen käytös tai ulkonäkö muuttuu läkehoidon aikana, se on merkki kipujen olemassaolosta ennen lääkitystä.

Taulukko 20-2. Leikkauksen jälkeisen kivun oireita eläimillä.

- Normaalista poikkeava yleisvaikutelma ja ilme
- Yleinen hoitamattomuus
- Muuttunut persoonallisuus
- Vihaisuus
- Itsensä pureminen ja/tai nuoleminen
- Epänormaali asento
- Vähentynyt/lisääntynyt liikkuvuus
- Epätavallinen tapa liikkua
- Vetäytyminen omiin oloihin
- Ruokahaluttomuus → painon menetys
- Juomattomuus → kuivuminen
- Ulostamattomuus, virtsaamattomuus
- Ääntely
- Nopeutunut, pinnallinen hengitys
- Kohonnut syke
- Normaalista poikkeava reagointi käsittelyyn

On väitetty, että postoperatiivinen kipulääkkeiden antaminen tekee eläimistä liian liikkuvia ja aktiivisia, mikä hidastaisi paranemista. Tutkimustieto tai käytännön kokemukset eivät tue tätä olettamusta. Epätietoisuutta voi aiheuttaa se, että eläimet näyttävät toipuvan monista kivuliasta operaatioista, esim. vatsaontelon tai rintaontelon avauksesta, nopeammin kuin ihmiset. Nyökkisääntönä voidaan pitää, että toimenpide, joka on kivulias ihmisellä, tuottaa kipua myös eläimelle. Suomalaisen eläinlääkäreiden kivunhoitokäytännöissä on tutkimuksen mukaan eroja. Nuoret eläinlääkärit ja naiset arvioivat yleensä eläimen tuntemaan kivun voimakkaammaksi ja ovat valmiimpia sitä hoitamaan. Taulukossa 20-3 on arvioitu eri leikkaustyyppien kivuliaisuutta KOIRILLA JA KISSOILLA.

Erityisryhmät

Käytössä olevilla kivunpoistomenetelmillä on mahdollista pitää postoperatiiviset potilaat lähes kivuttomina. Lukuisat ihmisillä suoritettut tutkimukset kuitenkin osoittavat, että jopa puolet potilaista kärsii jonkinlaisesta postoperatiivisesta kivusta. Tämä johtunee siitä, että samanlainen ruutiinhoito ei ole riittävää jokaiselle yksilölle. Eläinpotilaiden joukossa kivusta kärsivien määrä on varmasti vielä suurempi.

Taulukko 20-3. Leikkauksen jälkeinen kivuliaisuus kissoilla ja koirilla.

Toimenpiteen kohde/laatu	Kivun arvioitu voimakkuus
Pää, kaula, hampaat	++ → +++
Silmät	+++
Rintaontelon avaaminen sternaalinen	+++
lateraalinen	++ → +++
Vatsaontelon avaaminen	+, ++, +++
Peräaukko, peräsuoli	++ → +++
Kaularanka	+++
Rinta- ja lanneranka	++
Ortopediset toimenpiteet olkanivel	++ → +++
lonkkanivel	+++
Amputaatiot	+++

+ = lievä, ++ = kohtalainen, +++ = voimakas

Koe-eläinten kivunhoito on yhteiskunnan erityisessä suojeluksessa, Suomen lakiin implementoitu EU:n koe-eläindirektiivi velvoittaa lievittämään koe-eläinten kipua aina, kun se on tarpeellista ja kokeen luonteen vuoksi mahdollista (⇒ luku 29).

Leikkauksen jälkeisen kivunhoidon vaihtoehdot

Postoperatiivista kipua voidaan lievittää pääasiassa kolmella tasolla: 1) perifeerisesti puuduttamalla leikkausalue, 2) spinaalitasolla salpaamalla kipuimpulssien eteneminen selkäytimessä sekä 3) sentraalisesti annostelemalla kipulääkkeitä parenteraalisesti tai enteraalisesti. Kivunlievitysmenetelmän valintaan vaikuttavat mm. eläinlaji, leikkaustyyppi, käytetty nukutus, potilaan kunto sekä jatkohoidon paikka (kotona vai eläinsairaalassa).

Perifeerinen kivunhoito

Perifeerisen kivunhoidon tarkoituksena on estää kudosauriosta kertovien hermoimpulssien eteneminen selkäytimessä. Perinteiset paikallispuudutukset, joko haava-alueen ympäristön infiltraatiopuudutus (⇒ s. 174) tai alueelle johtavan hermorungon puuduttaminen (johtopuudutus), saavat aikaan halutun vaikutuksen. Erityisen tehokas kivunpoisto saadaan aikaan kylki-

Taulukko 20-4. Esimerkkejä puuduteannok-
sista.

Puudutukset	
Lidokaiini (2 %) KOIRA <8 mg/kg ja KISSA <2–4 mg/kg. Vaikutus alkaa 5–15 minuutissa ja kestää 1–2 h.	
Bupivakaiini (0,5 %) KOIRA tai KISSA <2 mg/kg. Vaikutus alkaa 15–30 minuutissa ja kestää 3–6 h.	
Olkapunoksen puudutus	
Bupivakaiini (0,25 %) 0,4 ml/kg	
Kylkiluuvälipuudutus	
Bupivakaiini (0,5 %) 0,25–1 ml/ kylkiluuväli vähintään 2 väliä haavan molemmin puolin mahdollisimman lähelle <i>foramen intervertebrale</i> a 2 mg/kg (KOIRA tai KISSA)	
Interpleuraalinen puudutus	
Bupivakaiini (0,5 %) 2 mg/kg KOIRALLE tai KISSALLE. Puudute laimennetaan 0,9 % NaCl:lla tilavuuteen 1 ml/kg, joka ruiskutetaan pleuraonteloon. Bupivakaiini kirvelee voimakkaasti; mikäli eläintä ei ole nukutettu.	
Pään alueen johtopuudutukset	
Bupivakaiini (0,5 %) tai lidokaiini (2 %) 0,25–1 ml	
Infraorbitaalinen: puuduttaa yläleuan puoliskon M1 asti.	
Mentaalinen: puuduttaa alaleuan puoliskon M1 asti.	
Mandibulaarinen: puuduttaa koko alaleuan puoliskon.	
Nivelpuudutukset	
Bupivakaiini 1 mg/kg (+ morfiini 0,1–0,3 mg/kg) nivelkapselin sulkemisen jälkeen.	

luiden välistä tehdyn rintaontelon avauksen jälkeen puuduttamalla viereiset kylkiluuvälit. Paikallispuudutteen käyttö periooperatiiviseen kivun lievittämiseen on lisääntymässä. Paikallispuudutuksessa käytettyjä lääkkeitä (taulukko 20-4) on tarkasteltu lähemmin luvussa 10 sekä puudutustekniikoita eläinlajikohtaisissa luvuissa 22–34.

Opioidireseptoreita on viime aikoina löydetty periferiasta, mm. nivelistä. Nivelensäinen **opioidi**annostelu saattaa olla tehokas tapa vähentää postoperatiivista kipua nivelessä, mutta ennen kliinisiä annossuosituksia aiheesta tarvitaan lisätutkimuksia.

Taulukko 20-5. Epiduraalinen kipulääkitys

Morfiini (2 mg/ml, ei säilöntäainetta) 0,1 mg/kg g laimennettuna 0,9% NaCl:iin kanssa 0,33 ml/kg tilavuuteen, maksimitilavuus n. 6 ml/KOIRA, 1 ml/KISSA.
Buprenorfiini 0,0125 mg/kg kuten edellä
Opioidi + puudute: morfiini 0,1 mg/kg tai buprenorfiini 0,0125 mg/kg + 0,5% bupivakaiini 1 mg/kg. Maksimitilavuus kuten edellä.

Epiduraalinen kivunhoito

Postoperatiivinen epiduraalinen kivunpoisto voi tulla kyseeseen silloin, kun operaatio on kohdistunut potilaan takapäähän. Epiduraalisen kivunhoidon suosiota eläimillä on vähentänyt se, että paikallispuudutteet vievät kivunpoiston lisäksi takajalkojen motoriset kyvyt: eläin ei pysy jaloillaan. Jos epiduraalitalaan annostellaan **opioideja** tai **α_2 -agonisteja**, kivuliaisuus vähenee, mutta eläimet kykenevät käyttämään jalkojaan. Ihmisillä opioidien ja **α_2 -agonistien** käyttöä spinaalisesti suositetaan, koska sillä tavalla voidaan vähentää lääkkeiden haittavaikutuksia.

Epiduraalitalaan voidaan injisoida opioideja (**morfiinia** tai **buprenorfiinia**) joko 0,9% NaCl:iin tai puuduteaineeseen laimennettuna (taulukko 20-5). Morfiinin on todettu kulkeutuvan etujalkojen tasolle asti. Näin saadaan esimerkiksi torakotomiatilalle (rintakehän avausleikkaus) hyvä kivunpoisto 12–24 tunnin ajaksi. Opioidin vaikutus alkaa noin tunnin kuluttua epiduraalitalaan ruiskuttamisen jälkeen. Morfiini voi aiheuttaa rakon tyhjentymsivaikeuksia, joten virtsatieleikkauksissa suositellaan buprenorfiinia. Epiduraalitalaan voidaan injisoida vain säilöntäaineettomia liuoksia avaamattomista ampulleista. Epiduraalilääkitystekniikka on esitelty luvuissa 22 ja 23.

Sentraalinen kivunhoito

Kipulääkkeen annostelu lihakseen tai suonensisäisesti on yleisin tapa suorittaa leikkauksen jälkeinen kivunpoisto. Jatkolääkitys tapahtuu suun kautta tabletteina,

jauheina tai tippoina, jos potilas on kotiutettu. Eläinsairaaoloissa jatkoahoito yleensä annetaan pistoksina. Yleisimmät kivun hoitoon käytetyt lääkeryhmät ovat opioidit ja tulehduskipulääkkeet. Myös α_2 -agonisteja on kokeiltu postoperatiivisen kivun ja stressin lievittämisessä sekä ihmisillä että eläimillä.

Opioidit ovat vanhimpia ja tehokkaimpia käytössä olevia kipulääkkeitä. Niiden suurimpana haittana pidetään hengityslamaa sekä yleistä keskushermoston lamausta, joka voi viivästyttää rauhoituksesta tai nukutuksesta heräämistä. Ne hidastavat edelleen suolen liikkuvuutta, joka saattaa jo nukutusaineiden vaikutuksesta olla vähäistä. Opioidien vaikutusaika on monilla eläinlajeilla melko lyhyt, 2–4 tuntia. Sen vuoksi opioidiannos joudutaan uusimaan muutaman tunnin välein (⇒ taulukko 20-6). **Buprenorfiini** on opioideista pitkävaikutteisoin, joillakin lajeilla sen vaikutus kestää jopa 8–12 tuntia. Opioideja on käsitelty tarkemmin luvussa 4.

Opioidit tehoavat eläimillä yleensä huomasti suun kautta annettuna nopean enterohepaattisen kierron vuoksi. **Buprenorfiinia** on saatavilla imeskelytabletteina, mutta ne eivät toimi eläimillä. Sen sijaan injektio-buprenorfiinin on todettu imeytyvän KISSAN suun limakalvoilta tehokkaasti. **Tramadoli** on lääke, joka vaikuttaa opioidireseptoreissa, mutta se myös estää noradrenaliinin ja serotoniinin takaisinottoa. Tramadolialla on annettu KOIRILLE suun kautta, mutta tutkimustietoa siitä on vielä aika vähän. Ainakin koirilla sen teho on ihmisiin verrattuna heikompaa erilaisen metabolian vuoksi. Tramadoli voi olla vaihtoehto postoperatiivisen kivun kotihoitoon eläimillä, jotka eivät siedä tulehduskipulääkkeitä.

Opioidien yliannostelu (lähinnä täysagonistit) tai eläimen yksilöllinen herkkyys opioideille voi johtaa levottomuuteen. Oireita on joskus vaikeaa erottaa kivusta. Eläimelle voidaan antaa lisää opioideja; mikäli levottomuus lievenee, se johtui kivusta. Mikäli levottomuus pahenee, voidaan antaa **naloksonia** suoneen hitaasti titratun kundes oireilu lievenee. Epiduraalisesti annetut opi-

Taulukko 20-6. Esimerkkejä opioidien annoksista

Voimakas kipu	
Morfiini	0,2–1 mg/kg i.m./s.c. 3–4 tunnin välein KOIRA 0,05–0,3 mg/kg i.m./s.c. 4–6 tunnin välein KISSA
Metadoni	0,1–0,5 mg/kg i.m./s.c./i.v. 3–4 tunnin välein KOIRA ja KISSA
Fentanyyliilaastarit	25 µg/h KOIRA ja KISSA <10 kg 50 µg/h 10–25 kg 75 µg/h 25–40 kg 100 µg/h >40 kg
Kohtalainen kipu	
Buprenorfiini	0,01–0,03 mg/kg i.v./i.m./s.c. 6–8 tunnin välein KOIRA ja KISSA (kissa myös p.o.)
Lievä/kohtalainen viskeraalikipu	
Butorfanoli	0,1–0,4 mg/kg i.v./i.m./s.c. 2 tunnin välein (KOIRA)/KISSA

oidit aiheuttavat harvoin levottomuutta herkilläkään yksilöllillä.

Mikäli eläin saa muuta kipulääkitystä (esim. tulehduskipulääkettä), opioidien tarve yleensä puolittuu. Jos eläin on rauhoitettu tai nukutettu lääkeaineiden yhdistelmällä, jossa yhtenä osana on opioidiantagonisti, se voidaan herättää antamalla opioidiantagonistia, **naloksonia**. Se herättää eläimen, mutta palauttaa samalla kivuntunnon. Käyttämällä herättämiseen **butorfanolia** tai **buprenorfiinia**, jotka ovat osittaisia agonisteja (agonisti-antagonisteja), eläimet heräävät ja niiden hengitystoiminta paranee, mutta kivuntunto pysyy entisellään tai lisääntyy. Tällaiseen käyttöön sisältyy kuitenkin vaara, että jo herännyt potilas nukahtaa uudestaan, jos käytetty annos on liian suuri.

Tulehduskipulääkkeiden analgeettinen teho ei ole yhtä hyvä kuin **opioideilla**, mutta niillä on etunaan se, että ne eivät vaikuta hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintaan. Ne eivät myöskään pidennä nukutusaineiden vaikutusta. Yksinään tulehduskipu-

lääkkeitä käytetään kohtalaisen tai lievän leikkauksen jälkeisen kivun hoitoon, vaikean kivun hoidossa niitä annetaan yhdessä opioidien kanssa. Yhdistetyn käytön etuna on, että opioidien annosta voidaan pienentää ja samalla niiden haittavaikutukset vähenevät. Tulehduskipulääkkeiden yleisin haittavaikutus on ruoansulatuskanavan ärsytys.

Parenteraalisesti annosteltavat tulehduskipulääkkeet estävät kudosaivaurion seurauksena syntyneiden prostaglandiinin muodostumisen. Prostaglandiinit itse eivät aiheuta kipua, mutta herkistävät hermo-päätteitä muiden kipuun liittyvien välittäjä-aineiden (mm. bradykiniini ja serotoniini) vaikutukselle. Tulehduskipulääkkeiden käyttö mm. niveloperaatioiden jälkihoidossa on perusteltua paitsi kivunpoistoon myös tulehdusreaktioiden ja niiden aiheuttamien muutoksien vähentämiseksi.

Useat tutkimukset osoittavat, että tulehduskipulääkkeillä on edullinen vaikutus elimistön yleistilaan bakteerien hajaantumismyrkyyn aiheuttamissa verenmyrkytyksissä (endotoksemioissa). HEVOSET saavat herkästi endotoksemisia oireita, joita voidaan hoitaa tulehduskipulääkkeillä erityisesti vatsaonteloon kohdistuneiden toimenpiteiden jälkeen.

Monien edullisten vaikutusten vuoksi tulehduskipulääkkeitä on alettu annostella ennen leikkauksen alkua tai hitaana infuusiona koko leikkauksen ajan. Tällä tavalla prostaglandiinin aiheuttamat tulehdusoireet ja kudosaivuriin liittyvä kipu saadaan kuriin ennenkuin ne edes kunnolla alkavat.

Eri koulukuntien suhtautuminen tulehduskipulääkkeiden perioperatiiviseen käyttöön vaihtelee. Toiset kieltävät ehdottomasti kaiken käytön jopa 24 tuntia leikkauksen jälkeen. Joidenkin mielestä tulehduskipulääkkeitä voi antaa heräämisvaiheessa. Rohkeimmat puoltavat preoperatiivista annostelua samalla, kun pidetään huolta, että verenpaine ja veritilavuus pysyvät hyväksyttävissä rajoissa. Myös tulehduskipulääkkeiden vaikutus munuaisten tuottamiin prostaglandiineihin vaihtelee.

α_2 -Agonistit mielletään usein pelkästään sedatiiveiksi, mutta niiden analgeettista vaikutusta voidaan hyödyntää postoperatiivisesti. Jos α_2 -agonisteja käytetään leikkauksen jälkeisen kivun ja stressin lievittämiseen, niiden annokset ovat pienempiä kuin suositukset rauhoituksen tuottamiseen. Ihmisillä α_2 -agonisteja käytetään postoperatiivisesti niiden sympatolyttisen vaikutuksen vuoksi, ne estävät pulssin ja verenpaineen tarpeetonta kohoamista kivuliaimmassa vaiheessa heti nukutusaineiden vaikutuksen loputtua. On myös osoitettu, että α_2 -agonistit vähentävät kudosten hapentarvetta ja sen vuoksi ne leikkauksen jälkeisessä tilanteessa suojelevat mm. sydänlihasta ja aivoja mahdollisen hapenpuutteen aiheuttamilta vaurioilta. α_2 -Agonistien haittana on potilaan sedatoituminen, jos annos on liian suuri. KOIRILLA rintaontelon avauksen jälkeistä kipua on lievitetty joka 4:s tunti toistuvilla lihaksensisäisillä medetomidiini-injektioilla (10 μ g/kg). KISSOILLA α_2 -agonistien postoperatiivinen analgeettinen teho ei ole yhtä hyvä kuin koirilla. Aiheeseen liittyviä lisätutkimuksia tarvitaan, ennenkuin tarkkoja annossuosituksia voidaan antaa.

Fentanyylilaastarit

Fentanyylilaastareista (Durogesic®) erittyy ihon läpi tehokasta opioidia, fentanyyliä, noin kolmen vuorokauden ajan. Konsentraatio plasmassa nousee hitaasti 12–24 tunnin kuluessa laastarin kiinnityksestä, eikä se kaikilla eläimillä koskaan nouse riittäväksi. Kivunpoistosta on siis huolehdittava muilla tavoin ensimmäisen vuorokauden ajan. Fentanyylilaastarin lisäksi eläin saattaa tarvita muita kipulääkkeitä, esim. tulehduskipulääkettä ja opioidiagonisteja. Butorfanoli ja buprenorfiini kumoavat fentanyylin vaikutuksen, joten niitä ei kannata antaa. Mikäli laastarin vaikutus on liiallinen (sedaatio, voimakas bradykardia), oireet häviävät pian laastarin poiston jälkeen. Laastaria ei saa halkaista, mutta fentanyylin erittymistä voi tarvittaessa vähentää poistamalla vain osa suojakalvosta.

Laastari kiinnitetään hyvin ajeltuun kohaan, yleensä etuselän alueelle. Mikäli iho on rasvainen, sen voi kevyesti puhdistaa. Laastaria painetaan kädellä muutaman minuutin ajan, jolloin käden lämpö kiinnittää liimareunat. Laastaria ei yleensä kannata peittää siteellä, koska silloin ei nähdä onko se kunnolla paikoillaan.

Käytetyinkin laastarin erittämä fentanyyli voi aiheuttaa ihmiselle voimakkaan, kuolemaan johtavan hengityslaman. Kirjallisuudessa esitetään tapauksia, joissa lapsi on joutunut hengenvaaraan käsiteltyään laastaria. Turvallisuussyiden vuoksi laastareita voidaankin suositella lähinnä sairaalakäyttöön.

Infuusiot

Kun kipulääkkeitä annetaan infuusiona, saadaan tasainen vaikutus alhaisemmalla kokonaisannoksella ja vähäisemmällä sivuvaikutuksilla (taulukko 20-7). Ennen infuusiota annetaan aina aloitusannos, jotta saavutetaan riittävä konsentraatio plasmassa nopeammin. Esimerkiksi **fentanyyli**-infuusiota olisi annettava 4–6 tuntia ennen kuin saadaan riittävä pitoisuus plasmassa ilman suurempaa aloitusannosta.

Ketamiini voidaan antaa perioperatiivisesti infuusiona ei-dissosiativisilla annoksilla. Alhaisten ketamiiniannosten on todettu ehkäisevän ja reversoivan kipuhermoston yliärtymistä (wind-up) ja kivun kroonistumista. Vaikutus perustuu glutamaatin toiminnan estoon NMDA-reseptoreissa. Ketamiini tehostaa opioidien kivunpoistoa ja annetaan opioidilääkityksen ohessa.

Lidokaiini-infuusion on todettu vähentävän isofluraanin tarvetta KOIRILLA jopa 29 %. Lidokaiini estää impulssien kulkua kipuhermoissa salpaamalla natriumkanavat. Suonensisäisen lidokaiinin tarkkaa vaikutusmekanismia ei tunneta, mutta se voi aiheuttaa myös lievää sedaatiota. Kardiovaskulaari-vaikutukset ovat ohjeannoksilla vähäiset. Kipua lievittävää vaikutusta pidetään synergistisenä opioidien ja ketamiinin kanssa.

Lidokaiinia käytetään koirilla vaikean, opioideihin vastaamattoman kivun hoitoon. HEVOSILLA lidokaiini-infuusion on todettu

Taulukko 20-7. Esimerkkejä infuusioannokista

Infuusiot	
Morfiini	0,5 mg/kg i.m./ (hitaasti i.v. *) + 0,1–0,2 mg/kg/h KOIRA 0,1 mg/kg i.m./ (hitaasti i.v. *) + 0,05–0,1 mg/kg/h KISSA **
Metadoni	0,5 mg/kg i.v. + 0,1–0,2 mg/kg/h KOIRA/KISSA **
Fentanyyli	5–10 µg/kg i.v. + 30–60 µg/kg/h KOIRA intraop. 1–2 µg/kg i.v. + 1–10 µg/kg/h KOIRA postop. 1–3 µg/kg i.v. + 10–20 µg/kg/h KISSA intraop. 0,5–1 µg/kg i.v. + 1–4 µg/kg/h KISSA ** postop.
Butorfanoli	0,1 mg/kg iv + 0,1–0,4 mg/kg/h KISSA
Buprenorfiini	0,01 mg/kg i.v. + 0,002 mg/kg/h KOIRA/KISSA
Medetomidini	2–3 µg/kg i.v. + 2–3 µg/kg/h KOIRA/KISSA
Ketamiini	0,5 mg/kg i.v. + 0,3–0,6 mg/kg/h KOIRA/KISSA
Lidokaiini	1 mg/kg i.v. + 3 mg/kg/h KOIRA

- * histamiinin vapautumisen estämiseksi morfiini laimennetaan ja annetaan 5–10 minuutin aikana
** opioidiagonisti-infuusiot voivat aiheuttaa kissalle eksitaatiota

uttavan viskeraalikipuihin ja ileuksen estoon, aloitusannoksena annetaan 0,65–1,3 mg/kg ja ylläpitoon 0,025–0,05 mg/kg/min. KISSOILLE lidokaiini-infuusiota ei yleensä suositella, koska kissa on herkkä lidokaiinin toksisille vaikutuksille.

Opioidi, ketamiini ja lidokaiini voidaan antaa samassa infuusiossa. Kipulääkeinfuusiot annetaan potilaalle aina perusnesteetyksestä erillisenä yliannostelun välttämiseksi, koska nukutuksen aikana perusnesteetyksenopeutta muunnellaan potilaan tarpeen mukaan. Infuusio kannattaa valmistaa niin että laimennosta annetaan n.1 ml/kg/h, jolloin infuusionopeutta on helppo muuttaa ilman ylinesteetyksen vaaraa. Ruiskupumput ja infuusiopumput takaavat tarakan annostelun.

Krooninen kipu

Kroonisen kivun hoito on haasteellista niin ihmisillä kuin eläimilläkin. Kivun pitkittyessä kipuhermot voivat vaurioitua niin, että vaste esimerkiksi tulehduskipulääkkeisiin ja opioideihin heikkenee. Eläimillä ongelmia lisää myös kroonisen kivun havaitsemisen vaikeus. Tuotantoeläimillä kipu voidaan todeta tuotannon laskuna, seuraeläimillä voidaan havaita esimerkiksi masentumista, ärtymistä, liikkumishaluttomuutta ja vetäytyvää käytöstä. Vanhoilla eläimillä nämä oireet usein katsotaan ikään kuuluviksi. Usein omistaja havaitsee kivun vasta jälkikäteen: tulehtuneen hampaan poiston tai kroonisen välilievypullistuman leikkauksen jälkeen eläin on saattanut omistajan mielestä ”nuorentua vuosilla”.

Kipulääkitys ei saisi olla perusteellisen tutkimuksen ja mahdollisen leikkaushoidon vaihtoehto.

Kroonista kipua eläimille aiheuttavat useimmiten nivelrikko, välilievypuolgelmat ja eräät syöpäsairaudet. Nivelrikkopotilaalle tärkeää on painon kontrollointi ja päivittäinen kevyt liikunta. Hoidossa voidaan käyttää myös erilaisia nivelruston aineenvaihduntaa edistäviä valmisteita. Myös akupunktiosta ja fysioterapiasta voi olla apua. Välilievypuolgelmissa kipulääkitykseen yhdistetään aina täydellinen häkkilepo ja neurologisen tilan tarkka seuranta, jolloin potilas voidaan tarvittaessa ohjata ajoissa leikkaushoitoon.

Kroonisen kivun hoito on eläimillä vielä vähän tutkittua ja tunnettua. Hoito aloitetaan usein eläimille sopivalla **tulehduskipulääkkeellä**. Sen lisäksi/sijaan KOIRILLE ja jonkin verran myös KISSOILLE on käytetty taulukossa 20-8 mainittuja lääkkeitä. Lääkkeiden vaikutus alkaa aika hitaasti ja vasta 2–3 viikon kuluttua voidaan arvioida onko lääkityksestä eläimelle hyötyä. Omistajalle on hyvä kertoa epävarmasta vasteesta. Mikäli kärsi-

Taulukko 20-8. Kroonisen kivun hoito.

Tramadoli	1–4 mg/kg p.o. 6 tunnin välein KOIRA/KISSA
Amantadiini	1–4 mg/kg p.o. 24 tunnin välein KOIRA/KISSA
Gabapentiini	3–5 mg/kg p.o. 12–24 tunnin välein KOIRA/KISSA
Amitriptyliini	0,5–2 mg/kg p.o. 24 tunnin välein KOIRA/KISSA

vän eläimen elämänlaatu ei ole parannettavissa, eläinlääkäriin on suositeltava eläimen eutanasiaa.

Amantadiini on ihmisillä Parkinsonin taudin hoitoon käytettävä lääke. Sen analgeettinen vaikutusmekanismi on samantapainen kuin **ketamiinilla**, ja sitä käytetäänkin yleensä opioidilääkityksen (esim. **tramadoli**) ohella.

Gabapentiini on epilepsialääke, jolla on todettu hyödyllisiä vaikutuksia neuroopaattiseen kipuun. Ihmisellä sen on todettu lievittävän allodyniaa (normaalisti ei kivulias ärsyke aiheuttaa potilaalle kipua) tehokkaammin kuin opioidit.

Amitriptyliini on mielialalääke, jolla on ilmeisesti myös analgeettista tehoa. Sitä on käytetty etenkin kroonisen viskeraal kivun hoitoon, esimerkiksi KISSAN idiopaattisen kystiitin oireiden lievittämiseen.

Muu kivunhoito

Varsinaisten kipulääkkeiden tai puuduttavien aineiden lisäksi on erilaisia keinoja vähentää kivuntuntoa. On osoitettu, että leikkausalueen jäähdyttäminen jääpusseilla heti toimenpiteen päätyttyä vähentää tarvittavien kipulääkkeiden määrää. Jäähdyttäminen soveltuu erityisesti ortopedisen leikkauksen jälkihoitoon. Myös leikkausalueen immobilisointi esim. lastan avulla voi vähentää postoperatiivista kipua.

21. Anestesian ongelmia ja vaaratilanteita

Maija Rähä, Marja Raekallio, Jan Rähä & Erja Kuusela

Sydän- ja verenkiertoelimistö

Sinusbradykardia. Selvitä sinusbradykardian syy (taulukko 21-1) ja aloita hoito. Veritilavuutta lisätään nesteinfuusiolla. Syketiheyttä lisääviä lääkkeitä ovat **atropiini** (Atropin®) 0,02 mg/kg i.v. KOIRALLE ja 1 mg/100 kg HEVOSELLE (voidaan toistaa 5 minuutin kuluttua) ja **dobutamiini/dopamiini** (Dobuject®, Dobutrex®/Abbodop®, Dopmin®; 150 mg/500 ml 5 % glukoosia tai 0,9 % NaCl), jota annetaan infuusiona 1 ml/kg/h (=5 µg/kg/min), kunnes saavutetaan haluttu vaste. Jos eläimelle on annettu α_2 -agonistia, annetaan **atipametsolia** (Antisedan®) mieluummin kuin atropiinia. HEVOSELLE voidaan antaa myös **glykopyrrolonia** (Glycostigmin®, Robinul®) 0,02–0,04 mg/kg i.v. Ulkoinen sydänhieronta voi olla tarpeen, jos syketiheys on KOIRALLA alle 20 lyöntiä/min.

Sinustakykardian syytä on esitetty taulukossa 21-2. Takykardiaa helposti aiheuttavia lääkkeitä ovat esim. **atropiini**, **ketaamiini** (Ketalar®, Ketamine®, Ketaminol® vet) **adrenaliini** (Adrenalin®) ja **dopamiini**. Takykardian syyn selvittäminen ja eliminoiminen ovat tärkeimmät keinot tilanteen normalisoimiseksi, takykardian hoito ei yleensä poista ongelmaa.

Rytmihäiriöiden toteaminen ja tunnistaminen ennen anestesiaa on tärkeää oikean anestesiamenetelmän valitsemiseksi. Anestesian aikana voi syntyä rytmihäiriöitä, jotka voivat olla hengenvaarallisia. Rytmihäiriön tunnistaminen sydäntä kuuntelemalla on erittäin vaikeaa. Siksi on järkevää, että potilas on kytketty EKG-seurantalaitteeseen anestesian ja riskipotilaat myös heräämisen ajaksi. Mitään yleishoitoa rytmihäiriöihin ei ole, vaan tarkka diagnoosi on hoidon perusta.

Taulukko 21-1. Sinusbradykardian syytä.

<p>Keskushermoston depressio</p> <ul style="list-style-type: none">• anestetit• intrakraniaalisen paineen nousu <p>Sydämen vajaatoiminta</p> <ul style="list-style-type: none">• hypoksemia• alentunut laskimovirtaus• bakterielli endokardiitti• kardiomyopatia• hyperkalemia• synnynnäinen sydänvika <p>Vagaaliset refleksit</p> <ul style="list-style-type: none">• sisäelinten venytys• silmämunan painaminen• nielun tai kurkunpään stimulaatio

Kammiooperäisiä lisälyönnejä pitää hoitaa, jos ne heikentävät perfuusiota, ovat multifokaaleja, niiden määrä tai vakavuus lisääntyy (R edellisen lyönnin T:n päällä) tai jos sydämen lyöntitiheys nousee yli 180–200/min (KOIRALLA). Ilmeiset syyt poistetaan. Anestesian syvyys tarkistetaan, sillä sekä liian syvä että liian pinnallinen anestesia (katekoliaamiinit) voivat olla syynä. Mahdollinen hypoksia ja/tai hyperkapnia hoidetaan lisäämällä **hapen** virtausosuutta 100 %:ksi ja ventiloimalla. Nopea nestehoito aloitetaan, jos aiheuttajaksi epäillään hypovolemiaa tai hypotensiota. Jos lisälyönnit jatkuvat, lopetetaan rytmihäiriöille herkistävien aineiden (esim. **halotaani**, Halothane®) antaminen. Mikäli muut keinot eivät auta, voidaan KOIRALLE antaa antiarytmistä lääkettä, kuten **lidokaiinia** (Lidocain®, Xylocain®; 2–4 mg/kg i.v.; 10 min välein; maksimiannos 8 mg/kg tai infuusiona boluksen jälkeen 50 µg/kg/min). KISSALLE lidokaiiniannos on 0,5 mg/kg (i.v.; hitaasti), mieluummin annetaan **esmololia** (Brevibloc®,

Taulukko 21-2. Sinustakykardian syytä.

- kipu
- pelko induktion aikana
- hypoksemia
- hyperkapnia
- hypotensio
- katekoliamiinien erittyminen
- kuume
- hypertyreoidismi
- kongestiivinen sydänvika

Taulukko 21-3 Sydänpysähdyksen oireet.

- Arteriapulssi ei palpoitavissa
- Sydänäänät eivät kuultavissa
- Limakalvot harmaat / syanoottiset
- Pupillat dilatoituneet (ei välttämättä heti)
- Eläin ei hengitä / haukkaa henkeään
- Leikkaushaava ei vuoda
- EKG:
 - Asystole
 - Kammiovärinä
 - Pulssiton rytmi

100–500 µg/kg i.v. jonka jälkeen 50–70 µg/kg/min). HEVOSELLE lidokaiinin annos on 0,5–4 mg/kg i.v.

Sydänpysähdyksen oireet esitetään taulukossa 21-3.

Hypotensio. Selvitä tilanteen vakavuus (taulukko 21-4). Anna nestettä suonensisäisesti nopeana infusiona 10–20 ml/kg. Vähennä anesteetin antoa tai keskeytä se, ja anna **happea**. Sydänlihaksen supistuvuutta voidaan lisätä antamalla PIENELÄIMILLE **dobutamiinia** tai **dopamiinia** 1–5 µg/kg/min (⇒ s. 163, sinusbradykardia), HEVOSELLE mieluiten dobutamiinia 0,5–5 µg/kg/min. Hevosien vakavaa hypotensiota ja bradykardiaa voi hoitaa **adrenaliinilla** (1–3 µg/kg). Jos hevosella epäillään endotoksista shokkia, voidaan lisäksi antaa **fluniksiinia** (Finadyne® vet, Flunixin®, Meflosyl® vet) 1 mg/kg i.v. Tulehduskipulääkkeiden käyttöä anestesian aikana on kuitenkin varottava sellaisilla potilailla, joiden munuaisten perfuusio on alentunut.

Hypertensiossa systolinen valtimopaine on yli 180 mmHg ja diastolinen paine yli

Taulukko 21-4. Hypotension merkit ja sitä aiheuttavia tekijöitä.

- Hypotension merkit**
- heikko perifeerinen pulssi
 - pidentynyt kapillaarien täyttymisaika
 - takykardia (ei välttämättä)
 - vähentynyt verenvuoto leikkaushaavasta
 - systolisen valtimopaineen putoaminen alle 80 mmHg

- Hypotensiota aiheuttavat**
- anesteetit (inhalaatioanestesia, useat sedatiivit)
 - alentunut laskimovirtaus (johtuen verenvuodosta, nestehukasta tai v. *cavan* kompressiosta)
 - intra-abdominaalipaineen nousu
 - venttiili-ilmarinta
 - asennonmuutos anestesian aikana
 - asento, jossa etu- tai takapää on yli 30°:n kulmassa horisontaalitasoon nähden
 - sydänviat
 - endotoksinen shokki
 - vasoaktiivisten aineiden erittyminen esim. haima-abskessista tai massiivisesta lihaskvauriosta luunmurtumakohdassa
 - anafylaktinen shokki

Taulukko 21-5. Hypertension syytä.

- Sympaattisen hermoston stimulaatio**
johtuen esim.
- kivusta
 - hyperkapniasta
 - anesteetista (**ketamiini**, **ksylatsiini**, **medetomidini**)
 - muista lääkaineista (**dopamiini**, **doksapraami**, **adrenaliini**)
 - malignista hypertermiasta

110 mmHg. Sydämen syketiheys voi olla kohonnut, normaali tai alentunut ja rytmihäiriöitä voi esiintyä. Hypertension syytä on lueteltu taulukossa 21-5. Krooninen munuaissairaus, hypertyreoidismi ja sydänviat voivat myös aiheuttaa hypertensiota. Ensimmäinen syytä selvittää, johtuuko korkea lukema

mittausvirheestä (esim. mansetti väärän kokoinen). Anestesian syvyys tarkistetaan, ja sitä lisätään tarvittaessa. Paikallispuudutus tai analgeetin antaminen voivat myös vähentää kivusta johtuvaa hypertensiota. Maligni hypertermia hoidetaan (⇒ s. 167).

Hengityselimistö

Hypoksia huomataan usein limakalvojen syanoosista, mutta varsinkin aneemiselle tai shokissa olevalle eläimelle saattaa kehittyä henkeä uhkaava hypoksia ilman havaittavaa syanoosia. Aneemisella potilaalla pulssioksimetri voi antaa hyviä hemoglobiinin happisaturaation arvoja, vaikka happea kulkeutuukin kudoksiin liian vähän alhaisen hemoglobiinipitoisuuden takia. Jos hypoksiaa epäillään, pitää ensin tarkistaa anestesia-laitteiston toiminta: hapen virtaus, läpät ja venttiilit, laitteiston vuodot sekä trakeotuubi (paikka ja pituus). Hengityspussia painamalla ja rintakehän liikkeitä seuraamalla tarkistetaan hengityksen esteettömyys. Tiheät, väkivaltaiset sisäänhengitysyrietykset viittaavat tukokseen hengitysjärjestelmässä, trakeotuubissa tai hengitysteissä. Seuraavaksi auskultoidaan hengitysäänet. Hypoksian syynä voivat olla pneumo- tai hydrothorax, keuhkoödeema, pneumonia, kontuusio, atelektasia sekä pienten ilmasteiden ja alveolien kollapsi. Jos hypoksia johtuu hypoventilaatiosta, on ventilaation tehostaminen paras hoito. Perussyyn poistaminen, hapen virtausosuuden nosto 100 %:ksi ja ventiloiminen voivat muissa tapauksissa nostaa veren happiosapaineen hyväksyttävälle tasolle.

Hyperkapnia ja **respiratorinen asidoosi** ovat tavallisia löydöksiä anestesian aikana varsinkin spontaanisti hengittävillä HEVOSILLA, mutta myös muilla eläimillä. Ne johtuvat useimmiten hypoventilaatiosta, mutta syynä voi olla myös hiilidioksidin riittämätön poisto kiertävästä systeemistä. Hoitona on anestesiataason keventäminen, ventilaation tehostaminen ja läppien ja absorberin toiminnan tarkistus.

Bradypnean eli epänormaalin hitaan hengityksen syytä on esitetty taulukossa

Taulukko 21-6. Bradypnean syytä.

Elimellinen tai metabolinen häiriö

- anesteettien aiheuttama depressio
- hypokapnia tai vakava hypoksia
- hyperkapnia

21-6. Ventilaation tehoon vaikuttaa hengitystiheyden lisäksi myös hengityksen syvyys. Jos eläimellä on hypoventilaatiota, pitää ensin tarkistaa, että ilmatiet ovat auki, jonka jälkeen eläintä ventiloidaan hapella. Spesifisiä antagonisteja voi käyttää, jos niitä on saatavilla. **Takypnean** tavallisimpia syytä ovat liian pinnallisen anestesian lisäksi hyperkapnia, hapen puute, alhainen verenpaine ja hypertermia. Hoitona on perussyyn poistaminen.

Laryngospasmi on hengitysteiden tukos, joka johtuu kurkunpään adduktorilihasten kouristuksesta. Kurkunpään mekaaninen stimulaatio (esim. kosketus, lima, veri, oksennus, eritteet) voivat aiheuttaa sen. Tarvittaessa eläin voidaan yrittää intuboida väkisin, mutta suositeltavampaa on antaa happea nieluun, kunnes intubointi on mahdollista. Atropiini voi auttaa välillisesti, sillä se vähentää eritteiden määrää. Nielun puuduttaminen voi ehkäistä spasmin muodostumista. Myös lihasrelaksanteista saattaa olla apua. Vaikeissa tapauksissa voi joutua turvautumaan trakeostomiaan (kuva 21-1).

Aspiraatio voi olla seurauksena oksentamisesta, regurgitaatiosta tai mahalaukun tai etumahojen sisällön passiivisesta kulkeutumisesta veltostuneen ruokatorven kautta nieluun. Nielun ja kurkunpään limakalvon ärsytys lisää vaaraa, kun taas paasto, mahdollinen oksennusta estävä lääkitys ja intubointi vähentävät sitä. Jos mahan sisältöä kuitenkin tulee nieluun, se imetään pois ja eläimen pää pidetään nielua alempana, jotta suu valuisi tyhjäksi.

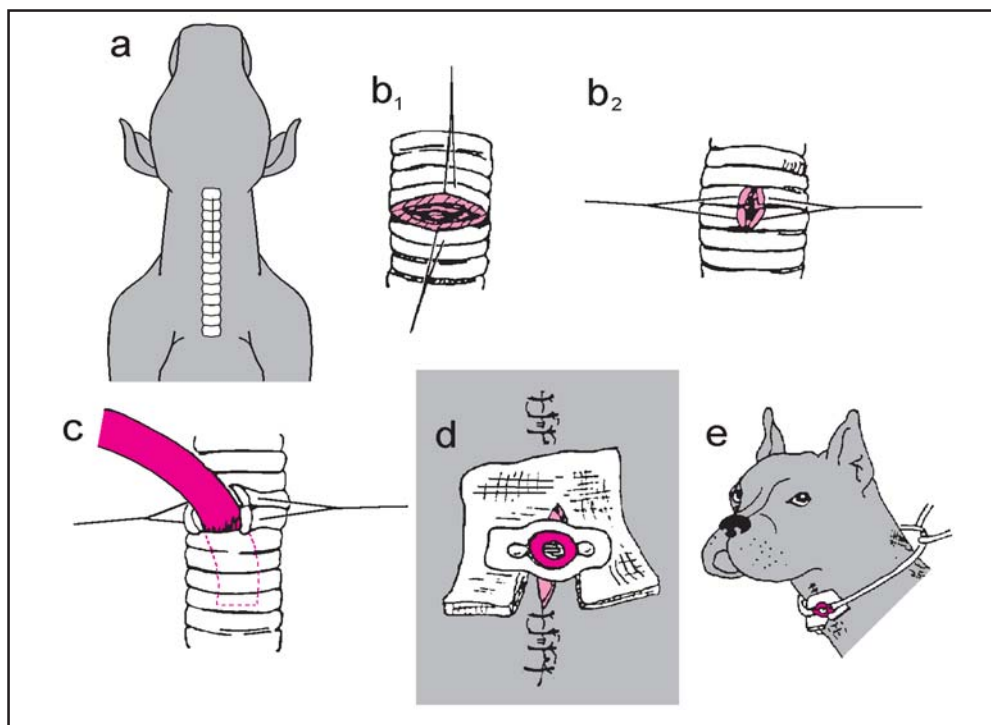
Regurgitaatio tapahtuu yleensä syvässä anestesiassa. Paasto ei estä regurgitaatiota, mahalaukkuun kohdistuva paine ja pöydän kalteva asento lisäävät riskiä. Aspi-

raatiovaaran lisäksi hapan mahaneste saattaa vaurioittaa ruokatorven limakalvoa. Ensiapuna kohotetaan nielua ja lisätään tarvittaessa ilmaa trakeotuubin mansettiin. Ruokatorvi huuhdellaan ja neste imetään pois. Ruokatorvea suojataan muutama päivä **sukralfaatti**mikstuuralääkityksellä (Antep-sin®).

Tympania eli vatsaontelon elinten täytyminen kaasulla on MÄREHTIJÖILLÄ tavallista anestesian aikana, sillä makuuasento ja anesteetit estävät röyhtäilyä. Tympaniaa voidaan vähentää paastottamalla eläimiä ennen nukutusta, jotta pötsin fermentaatio hidastuisi. Kaasua voidaan poistaa pötsiin työnnetyn letkun tai kyljestä pistetyn trokarin kautta. Operaation jälkeen märehittijät pitää mahdollisimman pian tukea rinnalleen makaamaan tai herättää spesifisillä antagonisteilla. Pieneläimillä seurataan

mahalaukun täyttymistä kaasulla, koska varsinkin SYVÄRINTAISET KOIRAT ovat alttiita mahalaukun täyttymiselle ja kiertymiselle anestesian aikana tai heti sen jälkeen.

Ilmarinta (pneumothorax) on vakava, mutta pieneläimillä ajoissa huomattuna helposti hoidettava tila. Sen aiheuttaa mikä tahansa yhteys, joka muodostuu ulkoilman ja pleuraontelon väliin, esim. rintakehään syntynyt reikä, ulkoisesta voimasta tai katkenneesta kylkiluusta johtuva repeämä, liian kraniaalisesti ulottuva vatsaontelon avaus, palleatyrästä kärsivälle eläimelle tehty vatsaontelon avaus tai henki- tai ruokatorvessa oleva reikä *mediastinum* ulkopuolelle. Oireena on tihentynyt, usein abdominelli hengitys, ventiloitaessa huonosti täyttyvät keuhkot, ihonalainen emfyseema, rintakehän jatkuva laajentuminen (jos kyseessä on venttiili-ilmarinta), sekä hypoksian oireet.



Kuva 21-1. Trakeostomia KOIRALLA tai KISSALLA. Tehdään pitkittäinen ventraalinen ihoviilto trakean päälle (a). Trakearenkaat erotetaan 4. ja 5. renkaan välistä (b_1) tai halkaistaan 4. ja 5. rengas (b_2). Apulangat estävät trakearenkaita kääntymästä sisäänpäin intuboitessa (c). Haava jätetään osittain auki emfyseeman estämiseksi ja suojellaan vain sideharsolla (d). Tuubi kiinnitetään eläimeen (e).

Taulukko 21-7. Hypotermiaan johtavia syitä.

- Eläimen pieni koko
- Anestesian aiheuttama alentunut metabolia
- Liiallinen ja kylmä pesuvesi ja nopeasti haihtuvat antiseptit
- Potilaan asettaminen suoraan peltipöydälle (usein kosteana)
- Karvojen leikkaaminen turhan suurelta ihoalueelta
- Huonosti peitelty ja eristetty potilas (usein heräämössä)
- Haihtuminen paljastetuista sisäelimestä leikkauksen aikana
- Kylmien huuhtelu- ja tiputusnesteiden käyttö
- Lämmityspatjojen tai kuumavesipullojen puute
- Pitkä anestesia
- Kylmien kaasujen hengittäminen

Ulkoinen vuotokohta on tukittava heti. Eläintä ei saa nukuttaa, ennen kuin ilmarinta on hoidettu tai eläimen tila on stabiloitu, ellei leikkaus ole välttämätön hengen pelastamiseksi. Potilaalle ei saa antaa **ilokaasua**, koska se diffundoituessaan kaasunteloihin jopa kaksinkertaistaa niiden tilavuuden 10 minuutissa. Anestesian aikana todettu tai syntynyt ilmarinta on hoidettava välittömästi, jos se vaikeuttaa potilaan hampensaantia tai on progressiivinen.

Lämmönsäätely ja virtsaneritys

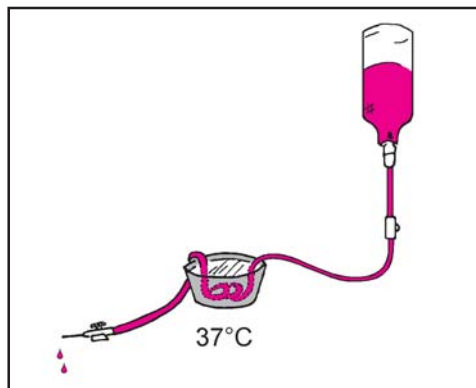
Hypotermia on yksi tavallisimmista anestesian komplikaatioista, sillä se on jonkinasteisena havaittavissa lähes kaikissa **PIENELÄINPOTILAIS**SA. Sen seurauksena on ventilaation heikkeneminen, hypoksia (varsinkin herävällä, tärisevällä potilaalla), hyperkapnia ja hidastunut herääminen anestesiasta. Potilas voi jopa menehtyä pitkittyneen hypotermian aiheuttamiin komplikaatioihin. Huolimattomasti esivalmistellun pieneläinpotilaan ruumiinlämpö voi jo leikkauksen alkaessa olla alle 35 °C ja sen loppuessa noin 30 °C.

Hypotermia on estettävissä asiallisilla esivalmisteluilla. Ota huomioon taulukossa

21-7 olevat seikat. Eristettä tulee aina käyttää työpöydän ja potilaan välissä. Lämminvesipulloja voi asettaa pienen potilaan ympärille varsinkin, jos on odotettavissa pitkä leikkaus. Kaupallisia lämpöpatjoja ja -peittoja on saatavissa. Jos infuusionestettä ei ole ehditty lämmittää eikä mikroaaltouunia ole käytettävissä, voi muutaman siirtoletkun silmukan laittaa kulkemaan vesiasian kautta, jossa on lämmintä vettä (kuva 21-2).

Hypertermia anestesian aikana todetaan etenkin isoilla paksuturkkisilla koirilla ja joskus muillakin eläimillä liian tehokkaan lämmityksen yhteydessä. Oireina ovat alkuvaiheessa kiihtynyt hengitys ja takykardia. Lämpötila olisi nopeasti saatava laskemaan <40 °C. Viilennykseen voidaan käyttää esim. kaasuvirtauksen nostoa, viileitä infuusionesteitä, jäitä ja kylmään veteen kastettuja pyyhkeitä.

Malignia hypertermia on raportoitu varsinkin **SIOILLA**, mutta myös muilla eläimillä. Tilan voi laukaista **halotaani** tai joskus muukin anesteetti. Lihäsjäykkyys ja punertavat läiskät iholla ovat tyypillisiä oireita. Hengitys kiihtyy, eläimelle kehittyy äkillinen takykardia, hyperkalemia, metabolinen asidoosi sekä lopuksi apnea, sydämen rytmihäiriöt ja bradykardia, jotka johtavat kuolemaan. Jos oireet huomataan ajoissa, saattavat anesteetin annon keskeyttäminen, **happi**, **natriumbikarbonaatti**, nestehoito ja eläimen (**SIAN**) nopea jäähdyttäminen jäillä auttaa.



Kuva 21-2. Tiputusnestettä voidaan lämmittää ohjaamalla tiputusletku lämmintä vettä sisältävän astian kautta.

HEVOSILLE voidaan lisäksi käyttää lihasrelaksanttina **dantroleeniä** (Dantrium[®], 1–2 mg/kg i.v.), **diatsepaamia** (0,02–0,05 mg/kg; Diapam[®], Stesolid[®]) tai **metokarbamolia** (1–2 mg/kg; Robaxin[®]).

Heikentynyt virtsan erityys voi johtua munuaisvauriosta, dehydraatiosta tai huonosta kudospesuudesta. Jos erityys on alle 1–2 ml/kg tunnissa, annetaan Ringerin **asettaattia** tai vastaavaa liuosta nopeasti 20–40 ml/kg i.v. Jos nestetasapaino on korjattu ja virtsakatetri on auki, mutta virtsaa ei silti erity riittävästi, voidaan antaa diureettia, kuten **furosemidia** (Dimazon[®] vet) 5 mg/kg (annos voidaan toistaa kerran).

Pieneläinten elvytys

Tehokkaan elvytyksen antaminen eläimelle vaatii yleensä vähintään kaksi henkilöä, jotka molemmat tietävät, miten tulee toimia.

1. Huuda apua ja pane kellonaika mieleesi.
2. Intuboi eläin, tai jos kyseessä on inhaatioanestesia, keskeytä anesteetin anto. Varmista intubaatioputken sijainti ja hapenkulun esteettömyys (paina hengityspussia). Anna **atipametolia** (Antisedan[®]), jos esilääkitykseen on käytetty **medetomidiniä** (Dominator[®]) tai **ksylatsiinia** (Narcoxy[®] vet, Rompun[®] vet). Huuhtelee anestesia-laitteisto puhtaalla hapella. Trakeostomia täytyy suorittaa, jos eläintä ei ole intuboitu ja jos suu ei aukea tai vierasesine tms. tukkii nielun. Aloita tekohengitys. Tarkista, että ilmatiet ovat auki. Täytyy keuhkot neljä kertaa nopeassa tahdissa puhtaalla hapella. Jos anestesia-laitteistoa tai puhdasta happea ei ole saatavilla, käytä ambua tai suusta sieraimiin tekohengitystä. Sulje eläimen suu, ja puhalla ilmaa sieraimiin. Varo liian voimakasta puhaltamista, jos eläin on pieni.
3. Pysähdy 10 sekunnin ajaksi, ja tarkista, tuntuuko pulssi.
4. Jos pulssi tuntuu, mutta eläin ei hengitä, jatka tekohengitystä 10–12 puhallusta/ minuutti.

5. Jos pulssia ei tunnu, aloita ulkoinen sydänhieronta, vähintään 80–100 painallusta/minuutti. Tekniikka on selostettu jäljempänä.
6. Avustaja asentaa i.v.-kanyylin, jos sitä ei vielä ole. Aloita nopea nesteinfuusio esim. **Ringerin asetaatti** (Ringer-acetat[®]) 10–20 ml/kg boluksina. Jos et saa kanyyliä muualle, käytä v. **lingualista**. Kontraindikaatioita nopealle nesteinfuusiolle ovat keuhkokontuusio, keuhkoödeema tai vakava sydänvika.
7. **Adrenaliinia** annetaan vaikeaan bradykardiaan tai juuri todettuun asystoleen 0,01 mg/kg i.v. tai pitkällä katetrilla henkitorveen 0,02 mg/kg. Annos voidaan uusia 5 min välein. Jos sydänpysähdyksestä on enemmän aikaa, annos voidaan kymmenkertaistaa. Älä yliannostele, sillä seurauksena voi olla kammiovärinä! Hapeta potilasta ensin noin 5 min ilman halotaania, (jos halotaanianestesia). Jatka sydän hierontaa keskeytyksittä. Halotaani herkistää sydänlihasta katekoliaamiineille kuten adrenaliinille, joka voi aiheuttaa kammiovärinän. Vältä intrakardiaalista injektioita, sillä koronaarisuonet vaurioituvat helposti ja neulanpisto voi aiheuttaa kammiovärinän. **Atropiinia** annetaan 0,02–0,04 mg/kg i.v. bradykardiaan.
8. Kammiovärinän ainoa tehokas hoito on defibrillaatio.
9. Parhaiten rytmihäiriöt pystytään toteamaan, jos eläin on kytketty EKG-seurantalaitteeseen. EKG:ssä havaitaan usein pulssiton rytmie eli normaalin näköinen käyrä merkinä sydämen sähköisen toiminnan jatkumisesta pumppaustoiminnan jo päätyttyä. Siksi pelkkään EKG-käyrään ei pidä luottaa.
10. Sydänhieronnessa ei saa pitää taukoja, tekohengitystä annetaan samaan aikaan painallusten välissä. Ihanteellinen painallusfrekvenssi pieneläimellä olisi vähintään 80–100 painallusta/minuutti ja 10–12 hengitystä/minuutti. Käytännössä tarvitaan vähintään kaksi elvyttäjää. Jos kuitenkin toimit yksin, anna 15 pai-

nallusta, 2 hengitystä, 15 painallusta, 2 hengitystä jne.

11. Jos ulkoinen sydänhieronta on onnistunut ja arteriapulssi tuntuu, teko hengitystä on jatkettava usean minuutin ajan. **Dopamiinia** 5–10 µg/kg/min tai **dobutamiinia** 3–5 µg/kg/min i.v. voidaan antaa hypotensioon. **Mannitolia** (Mannitol®, 0,5–1 g/kg i.v. 10–20 minuutin aikana) voidaan antaa aivoödeemin lievittämiseen, mikäli eläimen tajunnan taso ei nopeasti palaudu. **Kortikosteroidien** käyttöä ei suositella.
12. Arvioi nestetasapaino. **Diureetti** voi olla tarpeen ylimääräisen nesteen poistamiseksi.
13. Jos ulkoinen sydänhieronta ei johda tulokseen muutaman minuutin sisällä, on rohkeasti siirryttävä avosydänhieron- taan. Tekniikka selostetaan jäljempänä.

Ulkoinen sydänhieronta pieneläimillä

1. Aseta eläin oikealle kyljelleen pöydälle tai lattialle ja laita rintakehän alle tyyny.
2. Asetu eläimen selän puolelle, ja tue eläin itseäsi vasten, tai asetu eläimen rintalastan puolelle ja tue eläimen selkäranka alemman kämmenesi sormenpäillä paikoilleen, tai aseta eläimen selkä seinää vasten.
3. Aseta kämmenet tai sormet päällekkäin, ja kohdista painava voima (isolla eläimellä koko hartiovoima) eläimen rintakehään 4.–6. kylkiluun luu-rustoliitoksen kohdalle kuten kuva 21-3 osoittaa. Anna vähintään 80 painallusta/minuutti. Liian kaudaaliset painallukset voivat vaurioittaa maksaa! Painallusten tulee olla tasaisia ja niiden välissä on rintakehään kohdistuva paine hellitettävä täysin, jotta veri pääsee virtaamaan sydämeen. Painallukset ovat riittävän tehokkaita, jos avustaja tuntee pulssin *a. femoraliksesta* painallushetkellä.

Kuvan 21-3 esittämää tekniikkaa voi käyttää kaikenkokoisilla KOIRILLA ja KISSOILLA ulkoiseen sydänhieron- taan. KISSOILLE ja PIENILLE KOIRILLE sydänhieron- taan voi antaa myös yhdellä kädellä:

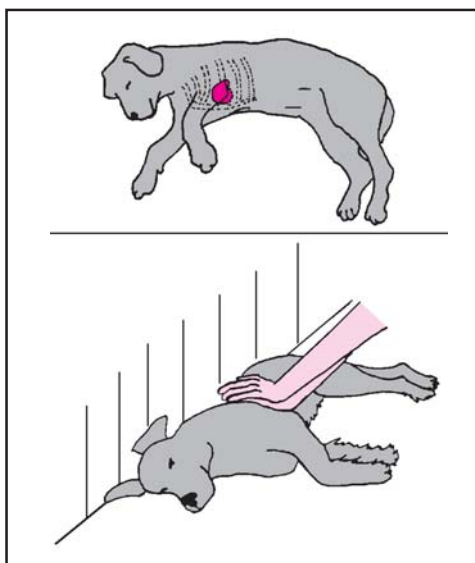
1. Aseta eläin vasemmalle kyljelleen.
2. Ota rintakehästä kiinni oikealla kädellä niin, että peukalo on oikeaa puolta ja muut sormet vasenta puolta vasten. Kohdista puristusvoima kylkiluiden luu-rustoliitoksen kohdalle (kuva 21-4).

‘TYNNYRIRINTAISILLE’ KOIRILLE (esim. monet brakykefaaliset rodut), joiden rintakehä muistuttaa rakenteeltaan ihmisen rintakehää, sydänhieron- ta voi antaa koiran maatessa selällään.

Avosydänhieronta pieneläimillä

Päätös avosydänhieronnan (rintaontelo avattuna) aloittamisesta on tehtävä riittävän ajoissa, jotta siitä voi olettaa olevan vähänkin hyötyä. Jos ulkoinen sydänhieron- ta ei johda muutokseen muutamassa minuutissa tai jos rintakehä jo on avattu kirurgian takia, siirrytään avosydänhieron- taan.

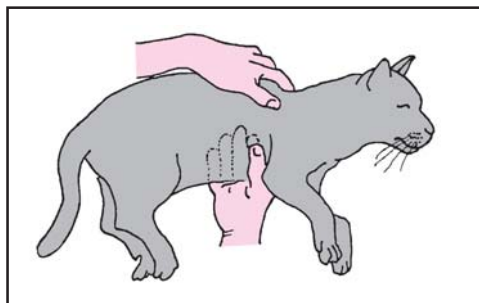
Karvat ajetaan karkeasti muutamalla leikkurinvedolla ensin sydänhieron- taan edestä, sitten takaa. Ulkoisen sydän-



Kuva 21-3. ISON KOIRAN sydänhieron- nassa asetetaan kädet päällekkäin 4. ja 6. kylkiluun kohdalle, heti kyynärpään taakse rintakehän alakolmanneksen alueelle. Ylemmän käden sormenpäät kaartuvat lapaluun dorsaalireu- nan yli. Eläin makaa oikealla kyljellään. Se voidaan myös tukea seinää vasten.

hieronnan vielä jatkuessa avustaja voi kaa-
taa esim. Betadine® paikallisantiseptia alu-
eelle hierojan käsien alle. Tällöin aine hie-
routuu iholle eläintä elvytettäessä.

1. Jatka ulkoista sydänhierontaa keskey-
tyksettä, kunnes avustaja ojentaa sterii-
lit käsiin ja veitsen käteesi.
2. Viillä iho ja lihakset yhdellä reippaalla
viillolla vasemmalta puolelta 4. ja 5.
kylkiluun välistä. Sydämen luo on pääs-
tävä mahdollisimman pian. Varo *a. tho-*
racicusta, joka kulkee lähellä luu-rusto-
liitosta.
3. Tekohengityksessä pidetään tauko, kun
pleura puhkaistaan saksilla, jotta keuh-
kot eivät vaurioituisi. Kun *pleura* on
läpäisty, voi kylkiluita levittää vetämällä
sormilla, jolloin loppuosa *pleurasta* re-
peää. Vatsaonteloleikkauksessa voidaan
sydäntä lähestyä pallean läpi tehdyllä
viillolla.
4. Perikardium viilletään auki *n. phreni-*
cuksen ventraalipuolelta.
5. Purista sydäntä kämmenelläsi, niin että
septum on poikittain kädessäsi, eli peu-
kalo on vasemman ja muut sormet oi-
kean kammion päällä. Älä purista sor-
menpäilläsi, sillä ne voivat vahingoittaa
sydänlihasta. Pidä sydäntä mahdollisim-
man normaalissa asennossa, etteivät isot
verisuonet (*a. pulmonalis*, *vena cava*,
aorta) taivu.
6. Puristusvaiheen ajaksi laskeva aorta voi-
daan painaa hetkeksi tukkoon. Näin



Kuva 21-4. Pienellä KOIRALLA tai KISSALLA
voidaan sydänhieronnassa painallukset tehdä
yhdelläkin kädellä, kun eläin on vasemmalla
kyljellään.

parannetaan veren virtausta koronaari-
suoniin ja aivoihin.

7. Puristumisfrekvenssi määräytyy sydämen
täyttymisnopeuden mukaan. Sydämen
annetaan täytyä ennen seuraavaa pu-
ristusta.
8. Tekohengitystä annetaan koko ajan,
mieluiten aina synkronoidusti puristus-
ten välissä. Näin parannetaan keuhko-
verenkiertoa. Tekohengitysfrekvenssi on
normaalisti 12/min, mutta voidaan nos-
taa 20–30/min.
9. Näin jatketaan, kunnes sydän lyö itses-
tään tai katsotaan, että kaikki toivo on
menetetty. Lääkitys avosydänhieronnan
aikana on kuten ulkoisessa sydänhie-
ronnassa.
10. Onnistuneen sydänhieronnan jälkeen
rintakehä suljetaan. Huolehdi anestesia-
sta, ettei eläin herää. Huuhtelee rintaontelo
lämmitettyllä suolaliuksella toistuvasti
imua käyttäen, ja poimi mahdolliset
karvat pois. Tarkista keuhkot vaurioiden
varalta. Aseta rintaonteloon imu ja sulje
rintaontelo normaaliin tapaan alipainet-
ta kehittäen. *Perikardium* jätetään om-
pelematta. Aloita laajakirjoinen anti-
biootti.

Suurelainten elvytys

1. Varmista, että ilmatiet ovat auki. Intuboi
eläin, ellei sillä vielä ole trakeotuubia.
Tarvittaessa tee trakeostomia.
2. Keskeytä anesteetin antaminen ja huuhte-
le laitteisto hapella. Aloita tekohengi-
tys puhtaalla **hapella**. Respiraattori on
tehokkain, mutta hengityspussia voi
puristella 4–8 kertaa minuutissa, kun
paineventtiili on suljettu. Anna keuhko-
jen tyhjentyä joka puristuksen jälkeen.
(Hengitystä voi tarvittaessa stimuloida
doksapraamilla (Dopram®) 0,5–1,0 mg/
kg i.v., jos saatavilla ei ole muita keinoja
keuhkojen tuuletuksen tehostamiseen.)
3. Aloita sydänhieronta välittömästi, jos
sydän on pysähtynyt. Aseta eläin kyljel-
leen kovalle alustalle. Rintakehän ala-
osaan sydämen alueelle voi laittaa tueksi
hiekkapussin. Alueen päällä hypitään
pölvillään 20–30 kertaa min. Sydämen

- on annettava täyttyä painallusten välissä. Sydänhieronta on tarpeeksi tehokasta, jos perifeerinen pulssi on tunnettavissa joka painalluksen jälkeen. Laajojen pupillojen pitäisi vähitellen alkaa supistua ja kornearefleksin palata, jos aivojen verenkierto on riittävä.
4. Jos ongelmat johtuvat asystolesta tai jos niiden aiheuttajaa ei tiedetä, annetaan **adrenaliinia** 3–5 µg/kg i.v., kun sydänlihasta on ensin hapetettu sydänhieronnalla. Sydänhieronnalla avulla myös laskimoon annettu adrenaliini saadaan pakotettua oikean kammion ja keuhkojen kautta koronaarisuoniin. Annoksen voi tarvittaessa toistaa useita kertoja, sillä puoliintumisaika on lyhyt. Adrenaliinin voi antaa myös intratrakeaalisesti, mutta vaikutus ei silloin ole yhtä tehokas. **Atropiinia** (0,01 mg/kg i.v.) annetaan, jos adrenaliinilla ei saada tulosta. Sen jälkeen toistetaan taas adrenaliini.
 5. Kammiovärinää voidaan yrittää hoitaa **lidokaiinilla** 0,5 mg/kg i.v. (tai vasempaan eteiseen), josta se pakotetaan koronaarisuoniin sydänhieronnalla. Hoito tehoaa harvoin. Defibrillaatio olisi tehokkaampi hoitokeino, jos sopivat välineet olisivat saatavilla. Ihmisille tarkoitettu laite on suurellemmille liian heikotehoinen, jollei elektrodeja aseteta suoraan sydämen pinnalle. Kotitekoisia laitteita ei saa käyttää, sillä ne voivat olla hengenvaarallisia.
 6. Eläimen takaosa pyritään nostamaan etupäätä korkeammalle, sillä se parantaa laskimoveren virtausta takaisin sydämeen.
 7. Jos ulkoisesta sydänhieronnasta ei ole apua, voidaan harkita avosydän hierontaa, mikäli respiraattori on saatavilla. Sydäntä puristetaan kaksin käsin lypsäväällä liikkeellä kärjestä basikseen päin. On varottava, etteivät sormenpäät puhkaise eteisiä. Anna **adrenaliinia** 1–5 µg/kg i.v.
 8. Anna nestettä i.v. Jos toimivaa i.v.-kannyyliä ei ole, voi suonen löytäminen olla vaikeaa. Älä tuhlaa aikaa etsintään, jos se haittaa muuta elvytystä.
 9. Jos elvytys onnistuu ja sydän alkaa taas toimia, täytyy hengitystä vielä avustaa. Diureetit (**mannitoli**, **furosemidi**) vähentävät aivoödeeman muodostumista. Verenkiertoa voidaan voimistaa tarvittaessa inotrooppisilla lääkeaineilla kuten **dopamiinilla** (5–10 µg/kg/min) tai **dobutamiinilla** (1–5 µg/kg/min).

22. Koiran anestesia

Erja Kuusela, Maija Rähä & Jan Rähä

Esivalmistelut ja anestesian valinta

Koira olisi siirrettävä esilääkitystiloihin niin hyvissä ajoin, että se voisi rauhoittua ja sopeutua uuteen ympäristöön. Hermostunut tai pelokasta koiraa on ikävää, vaikeata ja jopa vaarallista rauhoittaa ja nukuttaa. Rauhalliselta koiralta saadaan luotettava preanesteettinen status. Tähän yleistutkimukseen sisältyy ainakin limakalvojen, pupillojen, sydämen ja keuhkojen toiminnan tarkistus ja lämmön mittaaminen. Esivalmisteluhuoneeseen asennettu feromonihaihdutin (D.A.P.) saattaa auttaa hermostunutta koiraa rauhoittumaan. Emokoira erittää tynnyttävää feromonia pentujen syntymän jälkeen - vaikutuksen on todettu säilyvän vielä aikuisenakin. D.A.P. -haihdutin sisältää synteettistä feromonia paraffiiniin luotettuna.

Esivalmisteluihin kuuluu luonnollisesti anestesian valinta, jonka tulee perustua taulukon 22-1 mainitsemien asioiden huomioon ottamiseen. Lähtötilanne ei koskaan ole sama, joten anestesian ei myöskään tarvitse aina olla identtinen. Vain ne anestesiamuodot, johon on välineistöä ja aineita soveltuvat käyttöön. Paras vaihtoehto on yleensä se, josta on eniten kokemusta.

Taulukko 22-1. Anestesian valintaan vaikuttavia tekijöitä.

- Toimenpiteen pituus
- Toimenpiteen kivuliaisuus
- Toimenpiteen laatu
- Eläimen kunto ja tila
- Preanesteettinen status
- Apuhenkilökunnan saatavuus
- Käytettävissä olevat välineet ja aineet
- Hinta
- Eri anestesiamuotojen tuntemus

Lisäksi tulee ottaa huomioon esim. koiran rotu ja ikä.

Ylipainoiset koirat ovat muita herkemmin alttiita hapenpuutteelle anestesian aikana. Spontaani hengityskyky ja siirtyvä kaasumäärä ovat alentuneet suuren painon takia.

Alipainoiset koirat saattavat kärsiä maksan toimintahäiriöstä ja sietävät siten huonommin injisoitavia anesteetteja. Kahektiset (näлкиintyneet) koirat ovat alttiita hypotermialle, hypoglykemialle ja kovan alustan aiheuttamille hermovaurioille (esim. radiaalisparyysi).

Neste-, elektrolyytti- ja happo-emästasapainon häiriöt korjataan ennen nukutusta.

Esilääkitys ja rauhoitus

Esilääkitys

Atropiinia (Atropin®) käytetään tarvittaessa esilääkityksenä estämään epäfysiologista bradykardiaa, syljeneritystä ja hengitysteiden limaneritystä. Atropiinin vaikutus alkaa nopeasti, joten injektio voidaan antaa muun esilääkityksen yhteydessä i.m. tai s.c. 0,02–0,04 mg/kg, tai tarpeen vaatiessa anestesian aikana. Vaikutuksen kesto-aika on 1–1,5 tuntia. Atropiini voi aiheuttaa takykardiaa.

Glykopyrronin (Glycostigmin®, Robinul®) indikaatiot ovat samat kuin atropiinin. Sitä annetaan i.m. tai s.c. 0,01 mg/kg. Vaikutus alkaa hitaasti mutta sen kesto-aika on 2–3 tuntia. Takykardian kehittyminen on epätoimennäköisempää kuin atropiinia käytettäessä.

Näiden antikolinergisten aineiden käyttöä ei suositella **medetomidiniin** yhteydessä koska yhteisvaikutus pahentaa sydänlammia.

Medetomidiini (Domitor®) on voimakas sedatiivi ja analgeetti, jolla on myös lihaksia relaksoiva vaikutus. Medetomidiini voidaan antaa i.v., mutta suositellaan annettavaksi i.m. jolloin kardiovaskulaariset muutokset eivät ole niin yhtäkkiä. Annostus riippuu käyttötarkoituksesta. Medetomidiinia voidaan käyttää sellaisenaan sedaatiota vaativissa pienissä toimenpiteissä. Lisäksi se voidaan yhdistää paikallispuudutukseen tai käyttää sedatiivina ennen yleisanestesiaa terveelle koiralle.

Medetomidiinin annos on 10–40 µg/kg i.m. Sedatiivinen vaikutus alkaa yleensä 5–15 minuutissa ja kestää 1–2 tuntia, analgeettinen vaikutus on huomattavasti lyhytkestoisempi (30–60 min). I.v.-injektiona annos lähes puoliintuu. Medetomidiinin p.o. antotapaa ei ole dokumentoitu koirilla, mutta kirjoittajat ovat käyttäneet sitä menestyksekkäästi. Neulalla saa suihkeen osumaan vihaisenkin koiran suuhun. Limakalvolta imeytyvälle medetomidiinille annos on sama kuin i.m.-injektiossa.

Medetomidiinin vaikutus voidaan kumota **atipametsolilla** (Antisedan®). Jos vaikutus halutaan kumota täysin, Antisedania annetaan sama annostilavuus i.m. (siis viisinkertainen µg määrä) kuin on annettu Domitoria.

Ksylatsiinilla (Narcoxy®-vet, Rompun®-vet) on sedatoiva, lihaksia relaksoiva ja analgeettinen vaikutus. Annos on 0,5–1,0 mg/kg i.v. tai 1–2 mg/kg i.m. Ksylatsiinin analgeettinen vaikutus on vielä lyhytkestoisempi kuin medetomidiinin.

Asepromatsiinilla (Plegicil®) voidaan käyttää sedatiivina ennen yleisanestesiaa terveelle koiralle. Asepromatsiinilla ei ole lainkaan analgeettista vaikutusta, joten se yhdistetään yleensä opioideihin.

Annos on 0,01–0,05 mg/kg s.c., i.m. (maksimi kokonaisannos 3,0 mg) tai 1,0–3,0 mg/kg p.o. Vaikutus alkaa noin 30–60 min sisällä ja sen kesto on 3–6 tuntia.

Diatsepaami (Diapam®, Stesolid®) on sellaisenaan huono sedatiivi koiralla, ja sen vaikutuksen tehoa on vaikea ennustaa. Diatsepaami vähentää pelkoa ilman varsinaista sedaatiota. Toisaalta se voi laukaista

koiralla ei-toivottua, jopa aggressiivista, käyttäytymistä.

Diatsepaami on hyvä antikonvulsantti ja lihasrelaksantti, ja sen vaikutukset hengitys- ja verenkiertoelimistöön ovat minimaaliset. Siksi diatsepaamia suositellaan käytettäväksi vanhoilla ja huonokuntoisilla potilailla yleisanestesian esilääkityksenä. Diatsepaami voidaan sekoittaa samaan ruiskuun ketamiinin kanssa, muiden lääkkeiden kanssa se sakkaa.

Annos on 0,1–0,5 mg/kg i.v. tai 0,3–0,5 mg/kg i.m. (imeytyy huonosti i.m.). Se voidaan myös antaa p.o.

Midatsolaamilla (Dormicum®, Midazolam®) on voimakkaampi rauhoittava vaikutus kuin diatsepaamilla, mutta vain vähäisiä vaikutuksia hengitys- ja verenkiertoelimistöön. Annos on 0,05–0,2 mg/kg ja se soveltuu hyvin myös i.m. käyttöön. Se yhdistetään yleensä medetomidiiniin annoksella 0,1 mg/kg midatsolaamia + 10–20 µg/kg **medetomidiinia** samaan ruiskuun i.m. tai i.v.

Metadoni (L-Polamivet®-vet) ja **morfiini** (Morphin®) ovat täysagonisteja, joilla on voimakas lamaava vaikutus hengityselimistöön, lievä/kohtalainen sedatoiva ja voimakas sekä luotettava kipua poistava vaikutus. Ne aiheuttavat hengityslamaa muihin sedatiiveihin ja anesteetteihin yhdistettyinä. Tämän takia täysagonisteja ei tulisi yhdistää **α₂-agonisteihin**, joilla on verenkiertoa lamaavia vaikutuksia, sillä yhteisvaikutuksena voi syntyä vaikea hypoksia. Täysagonistit saattavat aiheuttaa levottomuutta ja dysforiaa (epämiellyttävä olo), jota voidaan tarvittaessa lievittää alhaisella **asepromatsiini**annoksella (0,01 mg/kg) ja annoksia alentamalla.

L-Polamivet®-vet valmisteesta on **metadoniin** lisäksi yhdistetty atropiinityyppinen lääke, **fenpipramidi**. Metadonin annos on noin 0,2–0,5 mg/kg. Se voidaan annostella i.m., s.c. tai hitaasti i.v. **Morfiinia** annetaan 0,1–1,0 mg/kg i.m. tai s.c., (nopea) i.v.-annostelu saattaa aiheuttaa histamiinin vapautumista. Koira voidaan nukuttaa noin 30–40 min kuluttua lääkkeiden i.m./s.c. annostelun jälkeen. Molempien lääkkeiden kipua poistava vaikutus kestää noin 3–4

tuntia. Esilääkkeeksi annettu morfiini aiheuttaa usein oksentamisen lääkkeen alkaessa vaikuttaa, mistä on etua, jos koira on huonosti paastotettu. Leikkauksen aikana/jälkeen annettu morfiini ei enää aiheuta oksentamista.

Vanhoille ja huonokuntoisille koirille metadonia ja morfiinia annetaan alhaisemmillä annoksilla kuin hyväkuntoisille.

Buprenorfiini (Temgesic®) on metadonia vähemmän hengitystä lamaava opioidi. Sillä on vähäinen sedatiivinen mutta kohtalainen ja pitkä analgeettinen vaikutus, joka alkaa noin 30 min injektioista ja kestää noin 6–8 tuntia. Buprenorfiinia voidaan antaa ennen varsinaista sedaatiota tai sen jälkeen, tai anestesian aikana i.m. tai i.v. Annos on molemmissa 0,01–0,03 mg/kg. Annosta nostamalla (0,03 mg/kg asti) saadaan vaikutusaikaa pidennettyä mutta se ei lisää analgesiaa, jonka teho on täysagonisteja epäluotettavampi. Buprenorfiini on osittainen agonisti ja voi siten varsinkin suuremmilla annoksilla reversoida täysagonistiopioidien vaikutusta.

Butorfanoli (Torbugesic®) on agonisti/antagonisti, joten se kumoaa sekä endogeenisten että eksogeenisten opioidien vaikutuksen. Opioideista se lamaa hengitystä vähiten. Sen sedatiivinen vaikutus on hieman voimakkaampi ja analgeettinen heikompi kuin buprenorfiinilla, kestoaltaan noin 1–2 tuntia. Annos on 0,2–0,4 mg/kg i.m. tai i.v. Vaikutus alkaa nopeasti. Kun se yhdistetään **medetomidiniiniin**, saadaan syvempi sedaatio ja analgesia kuin medetomidiniinilla yksin. Tällöin käytetään vain puolet tavanomaisesta medetomidiniinannoksesta ja noin 0,1–0,2 mg/kg butorfanolia yhdistettynä samaan ruiskuun, i.m. Yksinään käytettynä butorfanoli sopii hyvin huonokuntoiselle tai vanhalle koiralle lievään sedaatioon ja kivunpoistoon (esim. verinäytteen otto, kanylointi) tai esilääkkeeksi vähemmän kivuliaisiin toimenpiteisiin (esim. myelografia, endoskopiointi, hammaskiven poisto).

Opioidien aiheuttamaa vagaalista bradykardiaa voidaan tarvittaessa ehkäistä ja lievittää antikolinergisen lääkityksen avulla.

Opioidien vaikutus voidaan kumota **naloksonilla** (Narcanti®) annoksella 0,02–0,04 mg/kg i.m. tai 0,001 mg/kg i.v. vasteen mukaan. Vaikutuksen kesto on noin 30–60 min. **Buprenorfiiniin** naloksonilla ei ole kunnollista vaikutusta sen voimakkaan reseptoritoutumisen vuoksi.

Paikallinen ja alueellinen puudutus

Infiltraatiopuudutusta voidaan käyttää, kun kirurginen toimenpide on pinnallinen ja käsittää vain rajoitetun alueen. Epiduraalipuudutus soveltuu *abdomenin* takaosien, synnytys- ja virtsateiden sekä takajalkojen ja anuksen alueen kirurgiaan.

Infiltraatiopuudutuksessa käytetään esim. **lidokaiinia** 0,5–2 %, joko **adrenaliinin** kanssa (Lidocain® c. adrenalin, Xylocain adrenalin®) tai ilman (Lidocain®, Xylocain®) tai **bupivakaiinia** 0,25–0,5 joko adrenaliinin kanssa (Marcain adrenalin®) tai ilman (Bicain®, Marcain®). Maksimimäärät ovat lidokaiinia 8 mg/kg ja bupivakaiinia 2 mg/kg. Adrenaliinilla voi olla systeemistä vaikutusta. Aineita ei saa ruiskuttaa suoneen. Adrenaliini supistaa suonia vähentäen paikallista verenvuotoa ja pidentäen puudutteen vaikutusaikaa, mutta heikentäessään verenkiertoa se myös pitkittää paranemisprosessia. Adrenaliinin käyttö on kontraindikoitua distaalisisissa osissa, kuten korvalehdissä ja hännässä, jossa se voi jopa aiheuttaa nekrooseja.

Puudutetta injisoidaan ohuella neulalla leikkausalueen välittömään ympäristöön s.c. ja syvempiin kerroksiin, laimennuksesta ja alueen koosta riippuen muutamia millilitroja. Ainetta ei tule injisoida niin syväälle, että se voi vaikuttaa liikehermoihin. Puudutetta ruiskutetaan vain silloin, kun neulaa työnnetään eteenpäin tai vedetään taaksepäin. Täten vältytään injisoimasta vahingossa suuria määriä suonensisäisesti. Vaikutus alkaa muutaman minuutin kuluttua.

Johtopuudutuksella puudutetaan leikkausalueelta johtavat hermot. Hermojen tarkka kulkureitti täytyy tietää. Tavallisimpia kirurgiassa käytettyjä johtopuudutuksia ovat varpaiden puudutus (*n. digitalis*

communis dorsalis ja *ventralis*, (kuva 22-1), kylkiluualueen (*n. intercostalis*) puudutus esim. rintaontelokirurgian jälkeen (kuva 22-2), silmän ympäristön puudutus (*n. auriculopalpebralis*) ja muut pään puudutukset (kuva 22-3).

Nivelpuudutuksissa lidokaiinia voidaan käyttää diagnostiin tarkoituksiin, **bupivakaiinia** käytetään kivun poistoon ennen nivelen avausta tai sen jälkeen.

Laskimonsisäistä puudutusta voidaan käyttää raajojen distaaliosissa. Karpaali- tai tarsiialueelle asetetaan kanyyli ja jalka nostetaan ylös. Veri pakotetaan raajasta pois distaalipäästä alkaen kumiliinakäreeillä. *Karpuksen* tai *tarsuksen* proksimaalipuolelle asetetaan kiristysside tai mansetti, joka puristaa yli systolisen paineen. Kääre poistetaan ja kanyyliin injisoidaan noin 2–3 ml 1 % **lidokaiinia**. Tämä leviää muutamassa minuutissa koko raajan distaalipäähän ja vaikutus kestää niin kauan kuin kiristysside tai mansetti pysyy tiiviinä. Leikkausta ei tule kuitenkaan pitkittää yli 90 minuutin. Leikkaus on veretön, mutta kaikki vuotavat suonet tulee huolellisesti sulkea leikkauksen aikana. Leikkauksen jälkeen (vähintään 20 min) avataan kiristysside asteittain, jotta



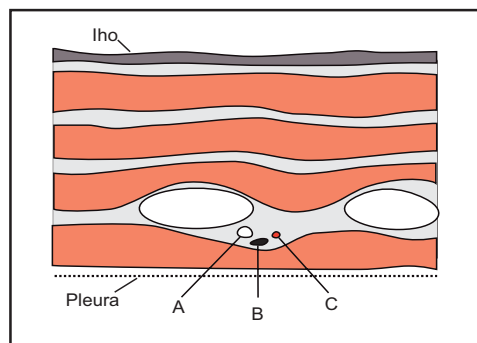
Kuva 22-1. Koiran varpaiden johtopuudutus. Puudutus tehdään varpaan kummallekin puolelle, niin että kumpikin *n. digitalis communis* puutuu.

toksiset lääkeainemäärät eivät pääse kerralla verenkiertoon.

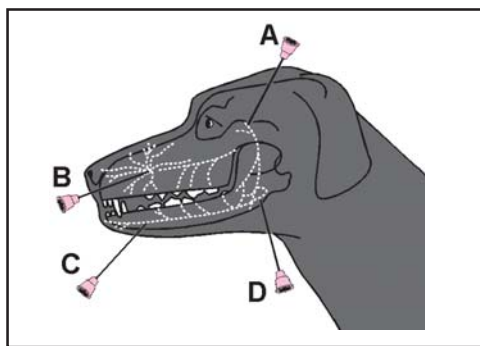
Epiduraalipuudutusta voidaan käyttää kaikissa kehon takaosien leikkauksissa sekä *abdomen*- ja takaraajakirurgiassa. Joissain tapauksissa se voi aiheuttaa huomattavaakin verenpaineen laskua. Tämä johtuu sympaattisen hermoston salpauksen aiheuttamasta laskimopaluun vähenemisestä ja se ennaltaehkäistään i.v.-nesteytyksellä. Hypovolemian lisäksi kontraindikaatioita ovat ihotulehdus pistoalueella, veren hyytymishäiriöt ja sepsis.

Koiralla selkäydin loppuu kuudennen ja seitsemännän lumbaalinikaman kohdalla ja aivokalvot jatkuvat ristiluun (*sacrum*) puoleen väliin. Täten subduraalisen injektion vaara on hyvin pieni, kun epiduraali-injektio tehdään lumbosakraalialueelta: Prominenttien *tuber coxae* -harjanteiden yhteysviiva leikkaa selkärangan viimeisen lumbaalinikaman kaudaaliosan. Heti nikaman kaudaalipuolella tuntuu laajempi syvä kolo, lumbosakraalinikamaväli, joka keskikokoisella koiralla on noin 0,5 cm pitkä ja 0,8 cm leveä (kuva 22-4).

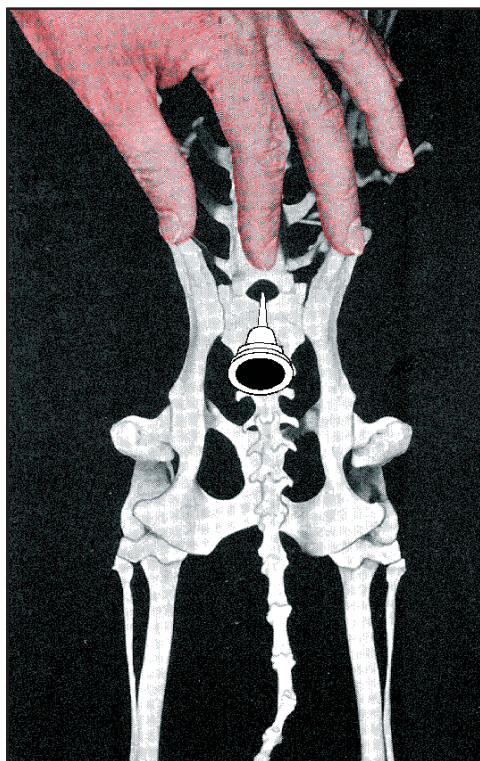
Rauhoitettu koira asetetaan kyljelleen tai vatsalleen takajalat kylkien suuntaisesti. Potilasta voidaan pitää lievästi kaltevalla tasolla niin, etteivät kraniaaliosat joudu alemmaksi kuin muu koira ja ettei puudutetta valu liian lähelle hengityslihaksiston



Kuva 22-2. Kuudennen kylkiluuvälän läpi-leikkaus. Kuudennen kylkiluun takasisäpinalla sijaitsevat 6. *nervus intercostalis* (A), 6. *vena intercostalis* (B) ja 6:s *arteria intercostalis* (C).

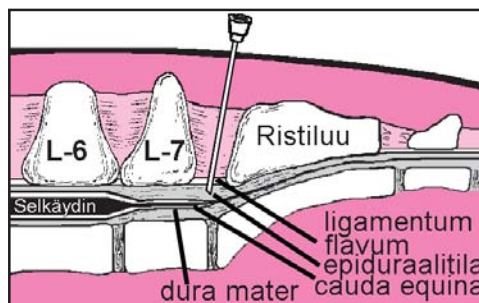


Kuva 22-3. Pään alueen johtopuudutukset koiralla. Aurikulopalpebraalinen (A), infraorbitaalinen (B), mentaalinen (C) ja mandibuloalveolaarinen (D) johtopuudutus.



Kuva 22-4. Lumbosakraalisen epiduraalipuudutuksen lumerkit. Käsi asetetaan niin, että peukalo ja keskisormi lepäävät kummankin *tuber coxae*n päällä ja etusormella etsitään keskiviivalla oleva kuoppa viimeisen lannenikaman ja *sacrumin* välissä. Neula työnnetään tähän reikään kuvan 22-5 mukaisesti.

hermojuuria (C5). Karvojen ajon ja kirurgisen pesun jälkeen 3–7 cm pitkä (koiran koosta riippuen) 22 G spinaalineula työnnetään ihon läpi keskiviivassa heti viimeisen lannenikaman okahaarakkeen takaa. Epiduraalitalaa peittää dorsaalipuolella *ligamentum flavum* noin 2–4 cm ihon alla (kuva 22-5). Kun neula työntyy ligamentin läpi, tuntuu tyypillinen vastuksen pienentyminen. Tilaan voidaan ruiskuttaa pieni määrä (<0,5 ml) ilmaa; jos ei tunnu vastusta paikka on todennäköisesti oikea. Aspiroimalla tarkistetaan, ettei neula ole suonessa tai spinaalitalassa. Mikäli neulasta tulee spinaalinesettä, ruiskutetaan spinaalitalaan neljäsosa laskestusta annoksesta (spinaalipuudutus). Jos neulasta tulee hiemankin verta, ei lääkettä saa ruiskuttaa, vaan pistoa yritetään kerran uudelleen uudella neulalla. Tarvittava puudutemäärä (säilöntäaineettomat 2 % lidokaiini (Xylocain®) tai 0,5 % bupivakaiini (Bicain®, Marcain®) on noin 0,1–0,3 ml/kg, rodusta, rakenteesta ja halutusta analgesia-alueen laajuudesta riippuen. Keskikokoisella koiralla pidetään nyrkkisääntönä 1 ml puudutetta + 1 ml jokaista puudutettavaa 10 cm selkärankaa kohti, suositeltava maksimitilavuus on kuitenkin 6 ml/koira. Lihavalla/tiineellä koiralla annos suhteutetaan normaalipainoon ja vanhalla eläimellä annosta pienennetään. Puudute on injisoitava hitaasti 1 minuutin aikana. Lääkkeen annon jälkeen leikattava puoli käännetään alaspäin 15 min ajaksi, jolloin se puutuu paremmin. Vaikutus näkyy hyvin pian anuksen löystymisenä ja hännän relaksoitumisena.



Kuva 22-5. Epiduraalipuudutus *foramen lumbosacraleen*. Vrt. kuvaan 22-4.

Epiduraalipuudutuksen kesto on noin 1 tunti lidokaiinilla ja 3–4 tuntia bupivakaiinilla, minkä jälkeen teho asteittain vähenee.

Epiduraalipuudutuksen haittana on yliannoksen vaara, jolloin hengitysilhakset halvaantuvat, paikallinen *cauda equinan* trauma tai puutteellisen aseptiikan aiheuttama tulehdus. Jos hengitysilhakset halvaantuvat, eikä sydänpysähdystä vielä ole, tulee koira heti nukuttaa ja intuboida sekä manuaalisesti ventiloida kaltevalla tasolla, kunnes aineen vaikutus lakkaa.

Epiduraalipuudutteeseen kannattaa aina yhdistää opioidi (säilöntäaineeton morfiini tai buprenorfiini) pitkäaikaisen analgesiatehon vuoksi (⇒ taulukko 20-5).

Yleisanestesia

Suonensisäisessä induktiossa käytetään yleisimmin propofolia, mutta myös ultralyhytvaikutteisia barbituraatteja kuten tiopentaalia. Myös ketamiinia tai opioideja (esim. fentanyl, Fentanyl®) voidaan käyttää anestesian aloitukseen. Induktion jälkeen anestesiaa voidaan tarvittaessa jatkaa joko suonensisäisillä tai inhalaatioanesteeteilla.

Tiopentaali ja propofoli saattavat molemmat aiheuttaa muutaman minuutin ohimenevän apnean induktiohetkellä. Tällöin tulee varmistaa hapensaanti ventiloimalla koira muutaman kerran minuutissa. Liika ventilaatio aiheuttaa hypokapnian ja estää hengitysrefleksien aktivointia. Ventilaatio tuo myös koiraan anestesiakaasuja, mikä estää sitä heräämästä induktioaineen vaikutuksen loputtua. Hengitysrefleksejä voidaan usein stimuloida nipistämällä sierainten välisestä septumista. Apnean voi yleensä ehkäistä induktioaineen tarkalla titrauksella 2–3 minuutin aikana.

Ennen induktiota huonokuntoinen, brakykefaalinen tai sektioitava koira esihapetetaan 5 min ajan 3–4 litran happivirtauksella tiiviillä maskilla. Kaikille koirille annetaan lisähappea maskin kautta myös induktion aikana.

Maski-induktio voidaan suorittaa, jos sopivampia menetelmiä ei ole käytettävissä.

Koira tulee esilääkittää, jotta se hyväksyisi maskin ja kaasujen hajun. Maskin käytön haittapuolia ovat suuri kuollut tila, huoneilmaan tuleva anesteettisaaste, eläimelle aiheutuva stressi sekä induktioon tarvittava suuri (hypotensiota aiheuttava) anesteettipitoisuus.

Maski asetetaan tiiviisti eläimen kuonon ympärille. Happea annetaan 3–4 litran virtauksella. Anestesiakaasun anto aloitetaan 1 %:sta ja nostetaan prosenttiyksikkö kerrallaan aina 4 %:iin (halotaanilla 3 %:iin) asti muutaman hengenvedon välein. Koira intuboidaan tavanomaisesti, kun se on riittävän syvässä unessa. Eksitaatioon on syytä varautua.

Injektioanesteetit

Propofolin (Rapinivet® vet) i.v.-injektio aiheuttaa nopean rauhallisen nukahtamisen noin 10–15 minuutiksi, minkä jälkeen sitä voi annostella boluksina tai jatkuvana infuusiona. Propofoli ei kumuloidu koiralla elimistöön kuten tiopentaali ja soveltuu tämän takia myös laihoille ja vinttikoirille.

Propofoli aiheuttaa lievää sydänlihaskasua ja laskee jonkin verran verenpainetta, eikä sitä suositella alentuneesta verenpainesta kärsiville potilaille. Propofoli vähentää aivojen hapentarvetta ja verenkiertoa ja soveltuu täten hyvin pään vammoista ja aivoödeemasta kärsiville koirille. Sen analgeettinen vaikutus on huono. Propofoli ei aiheuta vastaavaa kudosärsytystä kuin tiopentaali, jos ainetta joutuu vahingossa suonen ulkopuolelle. Vaikutus jää kuitenkin näin saavuttamatta.

Propofolin annos ilman esilääkitystä on noin 6–8 mg/kg. Lievä esilääkitys esim. asepromatsiinilla vähentää annoksen tasolle 2–4 mg/kg ja medetomidinilla esilääkitty koira voidaan intuboida jo 1 mg/kg annoksen jälkeen. Laskettu propofolimäärä jaetaan neljään osaan, ja kukin annos annetaan 30 sek aikana vasteita seuraten. Jos koira ei ole esilääkitty medetomidinilla, voi tarvittavaa propofolin määrää huomattavasti vähentää annostelemalla se vuorotellen diatsepaamin (0,2–0,5 mg/kg) kanssa. Kanyyli huuhdellaan lääkkeiden välillä.

Taulukko 22-2. Terveen koiran nukutusvaihtoehtoja.**Esilääkitys:**

Medetomidini 10 µg/kg (isot)–20 µg/kg (pienet) + butorfanoli 0,1 mg/kg i.m.

Induktiovaihtoehtoja:

Propofoli 1–2 mg/kg i.v. vasteen mukaan.

Tiopentaali 2–4 mg/kg i.v. vasteen mukaan.

Esilääkitys:

Asepromatsiini 0,01–0,03 mg/kg i.m. + morfiini tai metadoni 0,3 mg/kg i.m.

Induktiovaihtoehtoja:

Propofoli 4 mg/kg i.v. + diatsepaami 0,2–0,5 mg/kg i.v. vasteen mukaan (eri ruiskuissa)

Ketamiini 5 mg/kg i.v. + diatsepaami 0,5 mg/kg i.v. vasteen mukaan.

Tiopentaali 10 mg/kg i.v. + diatsepaami 0,2–0,5 mg/kg i.v. vasteen mukaan (eri ruiskuissa)

Anestesian jatkamiseksi annetaan noin puolet induktioannoksesta aina refleksiön palatessa (noin 10 min välein). Anestesia voidaan myös ylläpitää propofoli-infuusiolla. Annos on 0,1–0,2 mg/kg/min, jos medetomidiniä on annettu 20 µg/kg ja anestesia on indusoitu propofolilla 2 mg/kg.

Propofolia on saatavana 20 ml ampulleissa (Rapinovel® vet). Ne on tarkoitettu kertakäyttöön. Propofoli sisältää kananmunaa, ja mikrobit lisääntyvät siinä nopeasti vähäisenkin kontaminaation jälkeen. Jääkaappisäilytys ei paranna säilyvyyttä. Aseptisesti ruiskuun vedettyä propofolia voi käyttää maksimissaan 6 tunnin kuluttua ampullin avaamisesta. Sama koskee muita, isommissa injektiopulloissa olevia propofolivalmisteita. Kontaminoituneen propofolin käyttö on aiheuttanut kuolemaan johtaneita sepsistiloja.

Tiopentaalia (Pentothal Natrium®) käytetään pääasiassa inhalaatioanestesian induktioaineena, mutta se soveltuu myös lyhyisiin anestesiaa vaativiin diagnostisiin tai kirurgisiin toimenpiteisiin. Tiopentaalilla ei ole analgeettista vaikutusta. Se on ampullissa kuiva-aineena, joten se tulee laimentaa steriilillä vedellä tai fysiologisella suolaliuoksella 1,25–2,5 %:ksi. Pullon kylkeen merkittään sekoituspäivämäärä ja -suhde, ja liuos käytetään vuorokauden kuluessa.

Tiopentaali annetaan i.v. Vaikutus nähdään 15–30 sekunnin sisällä, ja se kestää 5–30 min riippuen antonopeudesta. Intubaatioon tarvittava määrä vaihtelee ja riippuu hyvin paljon koiran tilasta, luonteesta ja ennen kaikkea esilääkityksestä; yleensä

se on 4–10 mg/kg. Kun eläin on voitu esivalmistella esilääkittynä, yleensä noin 3–5 mg/kg riittää anestesian induktioon. Tiopentaali annostellaan hitaasti neljäsosa-annoksin (kuten propofoli), kunnes eläin on tarpeeksi nukuksissa. Tarvittavaa tiopentaalin määrää voidaan pienentää annostelemalla se vuorotellen **diatsepaamin** kanssa.

Kudosärsytyksen takia (korkea pH) tiobarbituraatit on aina annettava laskimoon. Vahingossa annettu suonen ulkopuolinen injektio tulee aina hoitaa laimentamalla injektioalue steriilillä fysiologisella suolaliuoksella ja pienellä määrällä paikallispuudutetta kipujen estämiseksi.

Tiopentaalia ei suositella VINTTIKOIRIEN nukuttamiseen.

Ketamiinihydrokloridi (Ketalar®, Ketamine®, Ketaminol® vet) aiheuttaa koiralla katalepsiaa (jännitysajkykyystila) ja dissosiaatiota. Ketamiinia tulee tämän takia aina käyttää yhdessä rauhoittavien aineiden kanssa. Esilääkitykseen sopivat useimmat rauhoittavat aineet, mutta eniten lienee koiralla käytössä **medetomidini**. Ketamiinin inotrooppinen ja kronotrooppinen vaikutus ovat vastapainona medetomidiniin verenkiertoa lamaaville ominaisuuksille. Ketamiini nostaa verenpainetta ja parantaa kudospesuusiota. Aiheuttamansa takykardian vuoksi ketamiini kuitenkin lisää sydänlihaksen hapenkulutusta, minkä vuoksi α₂-agonisti-ketamiiniyhdistelmän aiheuttama kardiovaskulaarinen lama saattaa koiralla olla huomattava.

Ketamiinia annetaan i.m. 4–6 mg/kg. Anesteettinen vaikutus kestää 20–30 min.

Taulukko 22-3. Vanhan tai sairaan koiran nukutusvaihtoehtoja.**Esilääkitys:**

Morfiini tai metadoni 0,3–0,5 mg/kg i.m.

Induktiovaihtoehtoja:

Ketamiini 5 mg/kg i.v. + diatsepaami 0,5 mg/kg i.v. vasteen mukaan

Propofoli 2–4 mg/kg i.v. + diatsepaami 0,2–0,5 mg/kg i.v. vasteen mukaan (eri ruiskuissa)

Fentanyl 0,01 mg i.v. + diatsepaami 0,5 mg/kg i.v. (eri ruiskuissa) vasteen mukaan

Etomidaatti 1–2 mg/kg i.v. + diatsepaami 0,5 mg/kg i.v. (eri ruiskuissa) vasteen mukaan

Eksitaation estämiseksi koiran täytyy kuitenkin olla sedaatioissa, kun ketamiinin vaikutus alkaa. On siis suositeltavaa antaa esilääkitys (medetomidini 30–50 µg/kg, koosta riippuen), suorittaa esivalmistelut ja vasta ennen kirurgisen toimenpiteen aloittamista injisoida ketamiini. Näin saavutetaan myös mahdollisimman pitkä anestesia kirurgian aikana. Koira ei tule herättää atipametsolilla ennen kuin ketamiini on metaboloitunut pois. Ketamiini voi aiheuttaa hapen osapaineen laskua valtimoveressä, joten on eduksi hapettaa potilasta. Yliannostelu voi aiheuttaa apneaa; koska vastainetta ei ole, on eläintä tällöin ventiloitava niin pitkään, että se hengittää itse.

Asepromatsiini/opioidi- tai opioidiesilääkityksen jälkeen anestesia voidaan indusoida ketamiinilla 5,0 mg/kg + diatsepaamilla 0,5 mg/kg. Ketamiini ja diatsepaami voidaan vetää samaan ruiskuun. Lääke annostellaan laskimoon neljäsosa kerrallaan minuuttien välein, ja anestesian syvyys tarkistetaan aina ennen uuden annoksen antoa yliannostelun välttämiseksi.

Etomidaatti (Hypnomidate®) sopii sydänvikaisen ja huonokuntoisen koiran anestesian induktioon vähäisten kardiovaskulaaristen ja respiratoristen vaikutusten vuoksi. Eksitaatorikin vuoksi potilas on syytä esilääkitä opioidilla. Induktio aloitetaan diatsepaamilla 0,25 mg/kg i.v. jonka jälkeen annetaan etomidaattia 0,25 mg/kg i.v. Diatsepaami- ja etomidaattiannoksia annetaan vuorotellen, kunnes potilas on intuboitavissa (diatsepaamin kokonaisannos 0,5 mg/kg, etomidaatin 1–2 mg/kg). Nopeasta metaboliastaan huolimatta etomidaatti ei sovellu anestesian ylläpitoon sen aiheuttaman lisämunaisten toiminnan

eston ja valmisteen sisältämän propyleeni-glykolin vuoksi.

Huonokuntoisen tai sydänvikaisen potilaan nukutus voidaan indusoida myös opioidien avulla (esim. fentanyl + diatsepaami tai metadoni + diatsepaami). Tarvitavat annokset ovat kuitenkin usein sen verran suuria ja hengityslamaa aiheuttavia, että potilasta on ventiloitava induktion jälkeen. Siksi ne sopivat parhaiten kun käytettävissä on ventilaattori. Anestesian aikana fentanyyliä voidaan antaa infuusiona 0,5–1,0 µg/kg/min (latausannos 10 µg/kg i.v.) tai 2–5 µg/kg i.v. 20–30 min välein vähentämään inhalaatioanesteetin tarvetta. Fentanyl on opioideista voimakkain analgeetti ja hengityslaman aiheuttaja. Medetomidinin kanssa käytettynä fentanyl voi aiheuttaa vaikea-asteista bradykardiaa ja hengityslamaa, joten esilääkkeeksi on syytä valita esim. morfiini tai metadoni.

Inhalaatioanestesia

Koiran voi intuboida, kun se on tarpeeksi syvässä anestesiassa. Tällöin tahdonalainen kyky liikkua on hävinnyt, suun saa avata ja kielestä voi vetää. Luomirefleksi on kuitenkin yleensä jäljellä. Haihdutin laitetaan päälle vasta, kun intubaatioputken oikea paikka on varmistettu ja putki kiinnitetty, mansetti on täytetty ja on todettu, että eläin hengittää normaalisti ja sen perifeerinen pulssi on voimakas. Anestesian seuranta aloitetaan välittömästi. Avoimessa anestesiajärjestelmässä hapen virtaus on 1,5–3 x minuuttivolyymi eli jopa noin 0,5 litraa/kg koko anestesian ajan. Kiertävässä järjestelmässä happivirtaus pidetään aluksi muutamassa litrassa noin 5–10 min ajan, jotta anesteettipitoisuus ehtisi nousta riittävästi ennen

induktioaineen vaikutuksen päättymistä. Sen jälkeen voidaan siirtyä ylläpitovirtaus- tasolle (tavallisesti noin 1 litra/min). Haihduttimen normaali alkuasetus on noin 2 %, kuitenkin riippuen eläimen tilasta, käytettävästä anesteetista ja anestesiakoneesta.

Anestesian ylläpitoon käytetään yleensä **isofluraania** (Forene[®], Isoba[®] vet, Isoflo[®] vet, Isofluran[®]) tai **halotaania** (Halothane[®]). Isofluraanin käyttöön ollaan siirtymässä enenevässä määrin. Isofluraanilla on halotaaniin verrattavissa oleva tai voimakkaampi hengityselimistöä lamaava vaikutus, mutta se ei herkistä sydänlihasta katekoliaamiinien haitoille kuten halotaani eikä nosta verenpainetta aivoissa yhtä herkästi. Isofluraani myös vähentää sydämen lyöntitehoa ja kudospesuusiot vähemmän ja soveltuu siten paremmin sekä sydän- että maksa- ja munuaisvikaisille potilaille.

Isofluraani on tavallisista inhalaatioanesteeteista vähiten liukeneva, joten induktio ja herääminen ovat nopeita. Halotaanista metaboloituu noin 20 % maksassa, mutta isofluraanista vain noin 0,2 %.

Nukutetun koirapotilaan silmiin laitetaan kostutustippoja.

Erityispotilaiden anestesia

Keisarileikkaus

Ideaalinen anestesia keisarileikkaukseen on sellainen, jossa saavutetaan hyvä analgesia ja lihasrelaksaatio vaarantamatta emän ja pentujen terveyttä.

Rauhoitusaineiden, kipulääkkeiden ja anesteettien on tunkeuduttava emon veri-aivoesteen läpi, jotta niillä olisi haluttu vaikutus. Samojen lipidiliukoisuuteen perustuvien periaatteiden mukaan yleisanesteetit, rauhoitusaineet ja kipulääkkeet pääsevät myös istukan läpi sikiöön. Ei siis ole mahdollista nukuttaa emää ilman, että pennut saavat osansa käytetyistä aineista. Diffundoituminen sikiöön on hitaampaa kuin aivoihin, joten nopealla pentujen poistamisella on oleellinen merkitys niiden selviämiseksi.

Keisarileikkaukseen päädyttyessä nartun yleistila on usein jo häiriintynyt pitkitty-

Taulukko 22-4. Sektioitavan koiran nukutus.

Esilääkitys:

Morfiini 0,3 mg/kg i.m. tai metadoni 0,2–0,3 mg/kg i.m./i.v.

Induktio:

Propofoli 6–8 mg/kg vasteen mukaan

neen synnytyksen, kuumeen, tulehdustilan tms. takia. Koska ihanteellista anestesiaa leikkausta varten ei ole, tulee anestesia-aika pitää niin lyhyenä kuin mahdollista valmistelemalla koira leikkausta varten (i.v.-kanyylin asennus, karvojen ajo) ennen rauhoitusta ja anestesiaa. Hypovolemia korjataan i.v.-nesteytyksellä. Veren kalsium- ja glukoosipitoisuus tutkitaan. Tiineyteen ja synnytyksen läheisyyteen liittyviä fysiologisia muutoksia nartulla ovat mm. kivusta johtuva tiheä hengitys sekä pienentynyt hengityksen kertatilavuus suurentuneen kohdun painaessa sisäelimiä pallean vasten. Alentunut hengityksen kertatilavuus voi johtaa respiratoriseen asidoosiin. Sydämen syketiheys on yleensä noussut kivun ja katekoliaamiinien erittymisen vuoksi. Sydämen minuuttitulavuus ja verenpaine ovat yleensä kohonneet. Keisarileikkauksessa on erityisesti otettava huomioon, että eläimen asettaminen selälleen voi vaikeuttaa laskimoverenkiertoa (kohtu painaa *vena cava caudalista*). Alentunut laskimovirtaus alentaa sydämen minuuttitulavuutta ja johtaa verenpaineen laskuun.

Epiduraalianestesian etuja ovat halpuus sekä emälle ja pennuille aiheutuvan lamautumisen vähäisyys. Haittapuolia ovat hengityslama ja bradykardia (jos puudute leviää liian kraniaalisesti) sekä emän etupään liikkeet. Epiduraalianestesiaa käytetään 2 % **lidokaiinia** (ilman adrenaliinia). Tekniikka on selostettu aikaisemmin tässä luvussa.

Yleisanestesian etuja ovat emän täydellinen immobilisaatio ja analgesia. Haittana on emän ja pentujen depressio. Esilääkityksenä voidaan käyttää matalia opioidiannoksia (esim. **metadoni** 0,25 mg/kg i.v.). **Medetomidini** heikentää kohdun verenkiertoa ja saattaa näin vaikeuttaa

pentujen hapensaantia. **Bentsodiatsepiini** saattavat lamata pentujen hengitystä. Ennen induktiota emää hapetetaan maskilla 5 min ajan pentujen hapensaannin maksimoimiseksi. **Propofolia** pidetään suositeltavana induktioaineena keisarileikkauksissa, koska pentujen maksa metaboloii sen nopeasti.

Ketamiini voi aiheuttaa pennuille merkittävän lamaantumisen ja emän toipuminen anestesiasta voi olla pitkittynyt.

Injektioanestesian pennuille aiheuttaman laman takia suositellaan **inhalaatioanestesiaa (isofluraani)** keisarileikkauksen yhteydessä. Pennut elvytetään hieromalla ne nopeasti kuivaksi, hierominen stimuloi myös hengitystä. Pennun heiluttamista ei nykyään suositella aivovaurioriskin vuoksi. Tarvittaessa voidaan antaa kielen alle tippa **naloksonia**, jos esilääkkeenä opioideja tai tippa **atipametsolia**, jos esilääkkeenä medetomidiniä. Huonosti hengittävälle kannattaa antaa myös lisähappea. Pennun voi intuboida esim. injektio-kanyylin muoviosalla ja ventiloida. **Atropiinia** voidaan käyttää 0,02 mg/kg i.m., jos pennun sydämen syketiheys on alle 80/min. Vastasyntyneen bradykardia johtuu kuitenkin yleensä hypoksiasta, jolloin atropiini ei auta ja voi jopa pahentaa tilannetta nostaessaan sydämen hapenkulutusta. Hypotermian esto on tärkeää. Pennut voi päästää imemään emää heti, kun emä on herännyt anestesiasta.

Munuaisvikaisen koiran anestesia

Munuaiset ovat pääasiallisesti vastuussa elimistön neste- ja happo-emästasyyppäisyyden säilymisestä. Niiden paino on vain 0,4 % kehon koko massasta, mutta niiden kautta kulkee 25 % kiertävästä verivirrasta. Munuaisten metabolia on hyvin vilkas, ja siksi ne ovat erittäin alttiita hypotensiolle ja hypoksemialle.

Yleisanestesiassa munuaisverenkierto ja glomerulaarifiltraatio voivat alentua jopa 40 %. Hypovolemia, hypotensio, hypoksemia ja hyperkapnia voivat edelleen huonontaa munuaisten toimintaa. Monet rauhoittavat aineet ja yleisanesteetit stimuloivat

ADH:n eritystä ja voivat johtaa oliguriaan. Ureemisen potilaan maksan toiminta voi olla huonontunut ja lääkeaineiden poistuminen elimistöstä voi olla hidastunut. Ureeminen potilas on herkkä anesteettien vaikutuksille, esimerkiksi ionisoitumattoman (aktiivisen) **barbituraatin** osuus on kohonnut ja proteiiniin sidotun alentunut.

Huonokuntoisen potilaan (akuutti tai akutisoitunut vajaatoiminta) tila on stabiloitava ennen anestesiaa, mahdollinen asidoosi ja elektrolyyttipätasapainot korjataan.

Tulehduskipulääkkeet ovat kontraindikoituja munuaisvikaiselle eläimelle, kipulääkityksessä on syytä käyttää opioideja ja erilaisia puudutuksia.

Esilääkitykseen voi käyttää esim. **diatsepaamia** ja **opioideja**, joiden vaikutus munuaisten verenkiertoon on vähäistä. Niitä voi käyttää myös **induktioon** mahdollisimman matalin annoksin. **Yleisanestesiaan** soveltuu parhaiten inhalaatioanestesia. Munuaisten verenkierron kannalta isofluraanianestesia on parempi kuin halotaaniaanestesia.

Tärkeintä on riittävän nestetilavuuden ja diureesin säilyttäminen. Verenpaineen seuraaminen ja ylläpitäminen riittävällä tasolla on olennaista, ja laskimopaineen seurannalla voidaan optimoida nesteinfuusion antonopeus. Jos potilas ei kärsi kongestiivisesta sydänviasta tai ödeemasta, balansoitua elektrolyyttiliuosta annetaan i.v. 20 ml/kg/h ainakin ensimmäisen tunnin ajan fysiologisen diureesin ylläpitämiseksi. Jos nesteinfuusiolla ei saada ylläpidetyksi tai käynnistetyksi diureesia, voidaan antaa **mannitolia** (Mannitol®), **glukoosia** tai **furosemidia** (Dimazon® vet). **Dopamiini**-infuusiolla (Abbodop®, Dopmin®; 0,5–2 µg/kg/min) voidaan dilatoida munuaisvaltimoita ja mahdollisesti parantaa perfuusiota munuaisissa. Jos sydämen syketiheys alkaa nousta, on dopamiini-infuusiota hidastettava.

Maksavikaisen koiran anestesia

Maksan kautta kulkee 25 % kiertävästä veritilavuudesta. Plasman proteiineista 90–95 % syntetisoituu maksassa. Monet

anesteetit sitoutuvat plasman proteiineihin ja vain ei-sitoutunut osa on aktiivinen. Hypoproteiniemiassa vapaan, aktiivisen aineen osuus on kasvanut ja aineen tehon voimistunut. Albumiini vastaa veren kolloidisosmoottisesta paineesta. Hypoalbuminemia koiralla on herkkä liialliselle i.v.-infuusionesteen määrälle.

Lähes kaikki rauhoitusaineet ja injisoivat anesteetit käyvät läpi biotransformaation maksassa. Niiden vaikutusajat pitenevät maksan vajaatoiminnassa. Maksavikaisen koiran toipuminen anestesiasta on yleensä pitkittynyt, joten on tärkeää seurata potilaan tilaa tarpeeksi pitkään anestesian päättymisen jälkeen. Akuutista vajaatoiminnasta kärsivän koiran anestesiaariski on suurempi kuin kroonisesta, kompensoidusta vajaatoiminnasta kärsivällä koiralla.

Esilääkitykseen voidaan käyttää opioideja. **Asepromatsiinia**, α_2 -agonisteja ja **bentsodiatsepiineja** tulee välttää. **Tulehduskipulääkkeitä** ei suositella. **Induktioon** voidaan käyttää **propofolia**. **Yleisanestesiaan** soveltuu parhaiten **isofluraani**anestesia.

Sydänvikaisen koiran anestesia

Lähes kaikki keskushermostoa lamaavat rauhoitusaineet ja anesteetit lamaavat myös sydän- ja verenkiertoelimistöä. Sydämen vajaatoiminnasta kärsivät koirat ovat alttiita sekä brady- että takykardian vaikutuksille, myös rytmihäiriöitä syntyy helposti. Keuhkoödeemasta ja/tai askiteksesta kärsivä koira kestää huonosti liiallisen nestefuusion vaikutuksia.

Sydämen supistumisvoima riippuu mm. kalsiumista. **Barbituraatit** ja **inhalaatioanesteetit** häiritsevät kalsiumin kulkeutumista

alentaen sydänlihaksen supistumisvoimaa. Sydänlihaksen solunsisäinen asidoosi voi myös estää kalsiumin sitoutumista ja huonontaa supistumisvoimaa. Monet rauhoitusaineet ja anesteetit voivat aiheuttaa respiratorisen tai metabolisen asidoosin, joka alentaa supistumisvoimaa.

Verenpaine muodostuu verisuoniston perifeerisestä vastuksesta ja sydämen minuuttitilavuudesta, minuuttitilavuus syketiheydestä ja iskutilavuudesta. Lääkeaineet, jotka muuttavat joitakin näistä tekijöistä, voivat suuresti vaikuttaa verenpaineeseen. Perifeeristä vastusta laskevia aineita ovat mm. **asepromatsiini**, **barbituraatit** ja **inhalaatioanesteetit**. Syketiheytttä hidastavat mm. **ksylatsiini**, **medetomidiini** ja **halotaniini**. Inhalaatioanesteetit pienentävät myös iskutilavuutta.

Esilääkitykseen voidaan käyttää opioideja (minimaalinen sydänlihaksen lama) yksin tai yhdistettynä alhaiseen annokseen **asepromatsiinia** (ei vajaatoiminnasta kärsivälle) tai **diatsepaamia**. **Ksylatsiinia** ja **medetomidiinia** on vältettävä niiden aiheuttaman voimakkaan bradykardian ja sydämen tehon heikentymisen vuoksi. **Atropiinia** on käytettävä harkitusti, jotta vältetään takykardiaalta.

Ennen induktiota potilas esihapetetaan. **Induktioon** voidaan käyttää **bentsodiatsepiinin** kanssa mieluiten joko **etomidiaattia** tai **fentanyyliä**. Matalia annoksia **propofolia** voi antaa, jos edellä olevia lääkkeitä ei ole saatavilla. **Ketamiinia** on käytettävä varoen takykardiavaaran vuoksi. Maski-induktion aiheuttamaa stressiä pidetään liian raskittavana sydänpotilaalle.

Yleisanestesiaan soveltuu parhaiten **isofluraani**anestesia.

23. Kissan anestesia

Erja Kuusela

Esivalmistelut

Potilaan ja mahdollisen sairauden arvioiminen

Anestesiakomplikaatiot ovat yleisempiä kissoilla kuin koirilla. Sairauksien oireet jäävät usein kissanomistajalta havaitsematta kissan rauhallisen ja itsenäisen elämäntavan vuoksi; kuitenkin näillä sairauksilla voi olla ratkaiseva merkitys anestesian kululle. Kissan fysiologia poikkeaa koiran fysiologiasta, ja anestesia-aineiden vaikutukset tunnetaan huonommin kissoilla. Kissan tutkiminen ennen anestesiaa saattaa myös olla vaikeampaa kuin koiran. Jokaiselle kissalle on ennen leikkausta pyrittävä tekemään hyvä yleistutkimus. Sydämen auskultointi olisi tehtävä huolella. Yleistutkimus tehdään kuitenkin kissan ehdoilla sitä stressaamatta; kiihtyneen ja stressaantuneen kissan annetaan levätä rauhallisessa paikassa ennen anestesiaa.

Monissa tapauksissa intensiivinen hoito ennen leikkausta on tarpeellista. Shokki, hypo- tai hyperkalemia sekä huomattavat uremia, anemia, hypoalbuminemia ja dehydraatio tasapainotetaan ennen rauhoitusta/anestesiaa. Esimerkiksi virtsatietukoksesta kärsivä voimaton ja oksenteleva kissa on todennäköisesti ureeminen ja mahdollisesti myös hyperkaleminen. Rakon tyhjennys punktoimalla ja suonensisäinen nesteytys veren urea- ja kaliumpitoisuuden laskemiseksi on järkevää ennen kuin kissa rauhoitetaan tukoksen avausta varten.

Kissan yleisimpiä anestesiakomplikaatioita ovat verenpaineen liiallinen lasku ja sen seurauksena kudosten hapenpuute. Kissan verenpaine mitataan Doppler-laitteella.

Anestesian valinta ja suunnittelu

Injektioanestesia (esim. medetomidiniin ja ketamiinin yhdistelmä) on hyvin käyttökelpoinen lyhytkestoisten leikkausten yhteydessä terveellä nuorella kissalla (esim. kastratio ja sterilisaatio). Myös injektioanestesian yhteydessä kissalle olisi hyvä antaa lisähappea, yleisemmin maskilla. Paikallisuudutteella (esim. kastration yhteydessä) voidaan usein keventää tarvittavaa anestesiaa.

Kissalle laitetaan laskimokanyyli, jonka kautta annetaan kehonlämpöistä fysiologista nestettä anestesian aikana (esim. Ringsteril® 5–10 ml/kg/h) verenpaineen ja munuaisperfuusion ylläpitämiseksi.

Hyvän perioperatiivisen analgesian avulla kissa toipuu leikkauksesta nopeammin (⇒ luku 20).

Rauhoittaminen ja esilääkitys

Medetomidini (Domitor®) on kissalle hyvä sedatiivi ja lihasrelaksantti sekä kohtalain analgeetti. Sedatiivinen vaikutus kestää annoksesta riippuen noin 1–2 tuntia, mutta analgeettinen vaikutus vain 15–30 minuuttia. Medetomidiniä käytetään annoksilla 20–100 µg/kg i.m., kuitenkin niin että maksimiannoksena riittää yleensä noin 400–500 µg/kissa isoimmallekin kissalle. Yli 80 µg/kg annoksilla sedaatio ja analgesia eivät enää syvene. Sydämen lööntitiheys ja teho sekä hengitystiheys laskevat. Alkuvaiheen verenpaineen nousun jälkeen sentraalinen verenpaineen lasku on yleensä voimakkaampaa kuin koiralla. Oksentaminen juuri ennen rauhoittamista on

Taulukko 23-1. Terveen kissan rauhoitusvaihtoehtoja tutkimusta tai yleisanestesiasta varten.

- medetomidiini 40–80 µg/kg i.m.
- medetomidiini 10–20 µg/kg i.m. + ketamiini 1 mg/kg i.m.
- medetomidiini 20 µg/kg i.m. + butorfanoli 0,2 mg/kg i.m.
- medetomidiini 10–20 µg/kg i.m. + ketamiini 1 mg/kg + butorfanoli 0,2 mg/kg i.m.
- asepromatsiini 0,04 mg/kg i.m. + ketamiini 3–5 mg/kg i.m.

melko yleistä, kun medetomidiinia käytetään yksinään. Nukutuksen esilääkkeenä medetomidiinia käytetään annoksilla 10–20 µg/kg, usein butorfanoliin tai alhaiseen ketamiiniannokseen yhdistettynä.

Medetomidiinilla rauhoitetun kissan voi herättää atipametsolilla (Antisedan®). Tarvittava annos on 1/2–2/3 annetusta medetomidiiniannoksesta (ml) i.m. medetomidiinin antoajasta riippuen. Jos kissalle on annettu myös ketamiinia, sen aiheuttamien kouristusten välttämiseksi atipametsolia voidaan antaa, kun ketamiinin annosta on kulunut vähintään puoli tuntia. Atipametsolin yliannos voi aiheuttaa ekstitaation.

Ksylatsiini (Narcoyl® vet, Rompun® vet) on medetomidiinin tapaan vaikuttava sedatiivi, kivunpoisto on kuitenkin vielä lyhytkestoisempi. Kissoille käytetään annoksia 1–2 mg/kg i.m. Verenkiertoelinvaikutukset ovat samanlaisia kuin medetomidiinilla mutta pidempikestoisia, hengitys saattaa lamaantua voimakkaammin. Noin 90 % kissoista oksentaa, ja ksylatsiinia voidaan käyttää myös kissan oksettamiseen (annoksella 0,5 mg/kg) pienen ruoka-annoksen jälkeen. Atipametsolilla voidaan kumota myös ksylatsiinin vaikutuksia.

Midatsolaamilla (Dormicum®, Midazolam®) ja diatsepaamilla (Diapam®, Stesolid®) on sedatiivinen ja lihaksia relaxoiva vaikutus annoksella 0,2 mg/kg i.v./i.m. Niillä ei ole yksinään analgeettista vaikutusta, mutta ne voimistavat medetomidiinin ja ksylatsiinin kivunpoiston tehoa ja pidentävät

Taulukko 23-2. Sairaana / vanhana / kardiomyopatiakissan rauhoitusvaihtoehtoja tutkimusta ja yleisanestesiasta varten.

- butorfanoli 0,2–0,4 mg/kg i.m. (kanylointi, tutkimukset, esilääkitys)
- metadoni 0,2 mg/kg i.m. (esilääkitys)
- morfiini 0,1 mg/kg i.m. (esilääkitys)
- edellisiin voidaan yhdistää midatsolaami 0,2 mg/kg i.m.

vät sen kestoja. Sydänvaikutukset ovat hyvin vähäiset, mutta ne saattavat lamata hengitystä, varsinkin sedatiiveihin yhdistettynä. Yksinään tai opioidiin yhdistettynä ne sopivat huonokuntoisen kissan rauhoittamiseen. Terveellä kissalla yksinään käytettynä niillä voidaan saada aikaan eksitaatio. Lihakseen annettuna diatsepaami imeytyy huonosti ja aiheuttaa kipua pohjaaineensa vuoksi, midatsolaami vaikuttaa nopeasti sekä i.m. että i.v. annettuna. Midatsolaami voidaan antaa samassa ruiskussa esim. medetomidiinin ja opioidien kanssa, diatsepaami annetaan erillisellä ruiskulla. Bentsodiatsepiineja ei anneta maksavikaiselle kissalle.

Butorfanoli (Torbugesic®) on sedatiivi ja analgeetti, jota voidaan käyttää huonokuntoisen tai esim. kardiomyopatiaa sairastavan kissan rauhoittamiseen tutkimusta varten tai esilääkkeenä annoksella 0,1–0,4 mg/kg. Vaikutus on yleensä riittävä helpottamaan käsittelyä vaikka kissa ei olisikaan silminnähden rauhoittunut. Matala annos (5–10 µg/kg) medetomidiinia parantaa tarvittaessa sedaatiota mutta lamaa sydäntä. Medetomidiinin ja opioidin yhteisvaikutus voi aiheuttaa hypoksiaa, joten lisähapen antoon olisi varauduttava.

Buprenorfiini (Temgesic®) on kohtalainen ja pitkävaikutteinen analgeetti mutta huono sedatiivi. Sitä annetaan 0,02–0,03 mg/kg i.v./i.m. Koska buprenorfiinin vaikutus alkaa vasta 30 min kuluttua i.v.-annostelusta, se kannattaa usein antaa jo esilääkityksen yhteydessä.

Metadonin (L-Polamivet® vet) annos on 0,2–0,5 mg/kg i.m./s.c. ja morfiinin (Morphin®) 0,1–0,3 mg/kg i.m./s.c. Kissoil-

la niiden sedatiivinen ja MACia laskeva vaikutus on vähäisempi kuin koirilla. Täysagonistit sopivat hyvin esilääkkeeksi huonokuntoisille kissoille ja ennen kivuliaita leikkauksia. Liian suuret annokset voivat aiheuttaa eksitaatiota. Niitä ei suositella käytettäväksi α_2 -agonistien kanssa hypoksiavaaran vuoksi. Vanhoille ja huonokuntoisille kissoille annetaan alhaisempia annoksia kuin terveille.

Asepromatsiinia (Plegicil®) voidaan antaa annoksella 0,01–0,06 mg/kg i.m. nukuksen esilääkityksenä joko yksin tai esim. opioidiin tai ketamiiniin yhdistettynä. Asepromatsiinin tehoa pidetään kissoilla melko huonona koiriin verrattuna. Valmiste ei poista kipua. Yliannos tai normaalikin annos stressaantuneella eläimellä voi aiheuttaa voimakkaan verenpaineen laskun, mikä hoidetaan suonensisäisellä nesteytyksellä, muuten sydänvaikutukset ovat vähäiset. Vasta-ainetta ei ole.

Injisoitavat anesteetit

Ketamiinin (Ketalar®, Ketamine®, Ketaminol® vet) annos riippuu potilaan tilasta, halutun anestesian syvyydestä ja annostelutavasta sekä samanaikaisesti käytetyn rauhoitusaineen määrästä. Suonensisäisesti injisoitaessa tarvitaan vain noin kolmasosa lihakseen pistetystä annoksesta. Myös heräämisaika on selvästi lyhyempi i.v.-injektion jälkeen. Ketamiinia ei käytetä koskaan yksinään vaan aina sedatiivin (esim. **asepromatsiini**, **medetomidiini** tai **midatsolaami**) kanssa.

Injektioanestesiassa annetaan ketamiinia 4–5 mg/kg i.m. (2 mg/kg i.v.). Puolet alkuperäisestä ketamiiniannoksesta voidaan tarvittaessa lisätä noin puolen tunnin kuluttua, tämä kuitenkin vaikuttaa selvästi toipumisaikaan. **Medetomidiini** ja ketamiini voidaan antaa samanaikaisesti ruiskuun sekoitettuna i.m. On kuitenkin usein parempi ensin rauhoittaa kissa medetomidiinilla ja antaa ketamiini juuri ennen kirurgisen toimenpiteen alkua. Tällöin tarvittava annos voidaan tarkemmin määrittää ja ketamiinin kokonaisannos jää pienemmäksi. Ketamiinin yliannos johtaa hengityslamaan.

Suurin osa ketamiinista poistuu elimistöä munuais erityyksen kautta, joten ureemiselle kissalle (esim. virtsatietukos) ei pidä käyttää ketamiinia lainkaan tai korkeintaan hyvin alhaista annosta. Ketamiini kohottaa kallon- ja silmiensisäistä painetta, joten se ei sovellu epilepsiaa, kallotraumaa tai glaukoomaa potevalle kissalle. Ketamiini kohottaa verenpainetta ja sykettä lisäten sydämen työtä ja hapentarvetta, joten sitä on käytettävä varoen kardiomyopatia- ja hypertyreosipotilailla.

Kissan anestesia voidaan indusoida **ketamiini-diatsepaami**yhdistelmällä kuten koiralla.

Propofolin (Rapinivet® vet) annos on ilman esilääkitystä 4–8 mg/kg ja **medetomidiini**esilääkityksellä 1–2 mg/kg i.v. Se annostellaan neljäsosa-annoksin vastetta seuraten kuten koiralla. Anestesiaa voidaan ylläpitää antamalla propofolia tarpeen mukaan noin puolet induktioannoksesta 10 min välein. Kissa metaboloii fenoliyhdisteitä hitaammin kuin koira, joten vaikutusaika on pidempi ja toistuvien annosten/infuusion jälkeen herääminen on selvästi hitaampaa kuin koiralla. Päivittäin (>3 pv) toistuvan propofolinukutuksen on todettu kissalla aiheuttavan Heinz-body -anemiaa ja oksentelua.

Etomidaatti (Hypnomidate®) on suonensisäisesti annettava lyhytvaikutteinen anesteetti, jolla on hyvin vähäiset hengitys- ja verenkiertoelinvaiikutukset. Sitä voidaan käyttää esim. kardiomyopatiaa sairastavien kissojen anestesian induktioon annoksella 1–2 mg/kg opioidiesilääkityksen jälkeen. Eksitaation välttämiseksi annetaan ensin diatsepaamia i.v. kuten koiralla. Etomidaatti lamaa lisämunuaisten toimintaa, eikä se sovellu anestesian ylläpitoon.

Opioidit eivät sovellu kissan anestesian induktioon, koska suuret annokset aiheuttavat niillä eksitaation.

Paikallinen ja alueellinen puudutus

Pintapuudutus

Äänihuulten puudutukseen intuboinnin yhteydessä käytetään tavallista injektio-

puudutetta. Virtsaputken aukon puudutukseen voidaan käyttää puuduttavaa **lidokaiini**geeliä (Lidocain®, Xylocain®). Silmien tutkimuksessa voidaan sarveiskalvo puuduttaa **oksibuprokaiinilla** (Minims Benoxinate Hydrochloride®, Oftan Flurecain®, Oftan Obucain®).

Suihkemuodossa oleva Xylocain®-aerosoli ei sovellu kissoille. Kissa voi saada aerosolin pohja-aineesta vaikean allergisen reaktion, jolloin esim. nielu saattaa turvota, jos aerosolia sumutetaan äänihuuliin. Valmisteen on raportoitu aiheuttavan myös methemoglobinemiaa kissoille.

Infiltraatiopuudutus

Infiltraatiopuudutusta voidaan käyttää kissalla esim. pienten, rauhoituksessa tehtävien kirurgisten toimenpiteiden yhteydessä. Linea alban puudutus vähentää anesteetin tarvetta esim. sektion yhteydessä. Amputoitavan varpaan tai hännän puudutus leikkausalueelta ennen viiltoa vähentää postoperatiivisen kivun voimakkuutta ja kestoa. Raajan amputaatiossa isot hermot voidaan "uittaa" puudutuksessa ennen niiden katkaisua. Torakotomiasa puudutetaan kylkiluuvälimerhot.

Tavallisesti käytetään 2 % **lidokaiinia** (Lidocain®, Xylocain®) tai mieluummin pidempivaikutteista 0,5 % **bupivakaiinia** (Marcain®, Bicain®). Kissa on koiraa herkempi puudutteen toksisille vaikutuksille. Lidokaiinin maksimiannos kissalla on 4 mg/kg ja bupivakaiinin 2 mg/kg.

Epiduraalipuudutus

Koiralla selkäydin päättyy useimmiten jo kuudennen lannenikaman kohdalla, kun taas kissan selkäytimen distaalipää ulottuu yleensä seitsemänteen lannenikamaan tai ristiluuhun (L7–S3) asti, joten epiduraalipuudutus on hieman vaikeampi ja vaarallisempi kissalle sekä toimenpiteen muuttuminen spinaalipuudutukseksi todennäköisempää. Puudutusta tehtäessä huolehditaan aseptiikan säilymisestä.

Epiduraalipuudutus suoritetaan kuten koiralla *foramen lumbosacralesta*. Oikea pistokohta löytyy palpoidamalla kraniaaliset

ja dorsaaliset *ileumin* kyhmyt sekä seitsemän lannenikaman ja ristiluun okahaarakkeet. *Foramen lumbosacrale* on heti ristiluun kraniaalipuolella (⇒ kuva 22-4).

25–22 G spinaalineula pistetään kohtisuoraan ihoon nähden lumbosakraalivälikuopan kaudaalisen kolmanneksen kohdalta, eli hieman taemmas kuin koiralla. Jos neulasta tulee sisäosaa poistettaessa tai ruiskulla aspiroitaessa selkäydinnestettä injisoidaan vain neljäsosa aiotusta puuduteannoksesta eli tehdään spinaalipuudutus. Jos tulee verta, pistos uusitaan. Oikea paikka todetaan injisoimalla n. 0,3 ml ilmaa nopeasti. Neula on todennäköisesti oikeassa paikassa, jos ilma menee sisään ilman vastusta (ei männän takaisinlyöntiä). Tämän jälkeen injisoidaan puudute minuutin aikana annoksella 0,22 ml/kg, jolloin vaikutus ulottuu L1-tasolle asti. Lihavalla/tiineellä kissalla annos suhteutetaan eläimen normaalipainoon, maksimivolyymi on noin 1 ml/kissa.

Yliannos voi aiheuttaa hengitysparalyyisin. Tällöin puudute on edennyt kaulajaokkeiden C5–C7 alueelle, jolloin palleaan menevät hermot paralysoituvat. Komplikaatio on epätodennäköinen, jos annos on oikea ja injisointi tehdään hitaasti. Eläimen etupäätä voidaan myös pitää hieman koholla injektion aikana ja jonkin aikaa sen jälkeen. Hätätapauksessa eläintä ventiloidaan, kunnes puudutteen vaikutus häviää.

Epiduraalialgesiaan voidaan käyttää samoja lääkkeitä kuin koiralla. **Opioidin** annos lasketaan ensin ja samaan ruiskuun yhdistetään puudutetta niin että tilavuus (0,3 ml/kg; 1 ml/kissa) ei ylitä.

Yleisanestesia

Inhalaatioanestesia

Inhalantit lamaavat kissan sydäntä, verenkiertojärjestelmää ja hengitystä voimakkaammin kuin muilla eläinlajeilla, joten anestesian huolellinen valvonta on muistettava.

Huonokuntoiset ja sektioitavat kissat esihapetetaan (5 min) ennen induktiota, kaikille kissoille annetaan lisähappea in-

duktion aikana. Induktioon valitaan sopivin edellä olevista anesteeteista.

Kissan intubointitekniikka on selostettu luvussa 17. Intubointia ei saa yrittää liian pinnallisessa anestesiassa laryngospasmin välttämiseksi. Samasta syystä äänihuulet puudutetaan tiputtamalla muutama pisara injektiopuudutetta äänihuulten päälle. Liian kapea ja/tai pitkä trakeotuubi lisää hengitysvastusta huomattavasti. Siksi valitaan mahdollisimman iso putki, jota lyhennetään niin, että se ei ulotu etuhampaiden ulkopuolelle eikä olkaniveltä taaemmaksi. Kissan trakean limakalvo on herkkä vaurioille, ja pehmeä silikonituubi saattaa olla hellävaraisempi kuin muut materiaalit. Tuubin mansettiosia liukastetaan ohuelti (esim. K-Y-jelly®) ja mansetti täytetään varoen. Voidaan käyttää myös tuubia, jossa ei ole mansettia.

Anestesian ylläpitoon käytetään joko puhdasta **happea**, ilmaa ja happea, tai **typpioksiduulia** ja happea suhteessa 2:1, jos typpioksiduulin käyttö on indikoitua. **Isofluraania** (Forene®, Isoba® vet, Isoflo® vet, Isofluran®) tai **halotaania** (Halothane®) annetaan 0,2–2,5 % eläimen kunnosta, esilääkityksestä ja laitteistosta riippuen. Sopiva kaasuvirtaus kissalle on 2–3 l/min avonaisessa hengitysjärjestelmässä. Terveelle kissalle voidaan käyttää myös takaisinhengityksen sallivaa järjestelmää, mutta se lisää hengitysvastusta. Jos on käytetty **typpioksiduuli-happi**seosta, annetaan 5 min ajan toimenpiteen lopettamisen jälkeen pelkkää happea.

Trakeotuubi voidaan poistaa melko nopeasti anestesiakoneesta irrottamisen jälkeen, sillä liian pinnallisessa anestesiassa suoritettu putken poisto voi aiheuttaa laryngospasmin. Ekstubaation jälkeen seurataan että kissan hengitys on esteetöntä.

Kissan anestesiassa huomioitavaa

Kissan sektioon suositellaan opioidiesilääkitystä alhaisella annoksella, **propofoli**-induktiota ja **isofluraani**-ylläpitoa.

Paras **leikkausasento** on horisontaalinen. Jos pää on alaspäin, vatsaontelon elimet painavat palleaa rajoittaen hengitystä ja regurgitaation mahdollisuus kasvaa. Lisäksi vähemmän verta palaa *v. cava cranialista* pitkin sydämeen, jolloin sydämen lyöntitiheys alenee.

Hypotermian esto: Alkuvalmistelut on tehtävä mahdollisimman nopeasti. Turhan suurien ihoalueiden karvojen ajoa tulee välttää ja pesuveden sekä desinfektioaineiden kanssa tulee olla säästäväinen, etteivät kirurgisen pesun ulkopuolelle jäävät alueet kostu. Leikkauksen aikana käytetään lämminvestipatjaa tms. lämmintä alustaa. Heräämisaikan on oltava lämmin. Hypotermian kissan metabolia on alentunut ja herääminen voi pitkittyä huomattavasti. Nesteet lämmitetään ja annetaan lämpöhauteen kautta.

Rauhoitetun tai nukutetun kissan **sil-mät kostutetaan** keinokyyneillä.

24. Hevosen sedaatio ja anestesia

Marja Raekallio

Esivalmistelut

Ennen yleisanestesiaa hevosta tulee paastottaa n. 18 tuntia, jos operaatio ei ole kiireellinen. Vettä saa olla vapaasti tarjolla. Pikkuvarsoja ei kuitenkaan pidä paastottaa ollenkaan, sillä ne tulevat nopeasti hypoglykeemisiksi.

Mahdolliset neste-, elektrolyytti- ja happo-emästasapainon häiriöt pyritään korjaamaan ennen nukutusta. Voimakkaasti dehydroituneelle tai shokissa olevalle hevoselle voi antaa 7 % NaCl 400–600 ml/100 kg 15 min kuluessa. Hypoglykeemisille potilaille, varsinkin varsoille, voidaan myös antaa glukoosia suonensisäisesti.

Atropiinia (Atropin®) ei hevosilla käytetä rutiininomaisesti ennen anestesiaa, sillä se vähentää suoliston peristaltiikkaa ja voi aiheuttaa ähkyoireita. Vaara on erityisen suuri, jos hevosta ei ole paastotettu. Sen käyttöä suositellaan kuitenkin ennen silmäkirurgiaa (annos 0,01 mg/kg i.m.) sekä myös korvien, nielun ja kurkunpään operaatioissa, sillä okulokardiaalinen refleksi voi muuten hidastaa sydämen lyönnejä ja aiheuttaa jopa sydänpysähdyksen.

Esilääkitys ja rauhoitus

Sedaation eli rauhoituksen tarkoituksena on saada hevonen pysymään rauhallisena paikallaan. Hevonen ei saisi reagoida voimakkaasti meluun, käsittelyyn tai muihin ärsykkeisiin, mutta sen pitäisi kuitenkin pysyä pystyssä ja kyetä liikkumaan ja nos telemaan jalkojaan. Lievä ataksia on tosin hyväksyttävää. Kivun poisto eli analgesia ei ole välttämätöntä, jos sedaation lisäksi tehdään paikallispudutus.

Kaikkien rauhoitusaineiden vaikutus on paras, kun ne annetaan rauhallisessa ympäristössä, ja hevonen saa olla omissa oloissaan riittävän kauan ennen toimenpiteiden

aloittamista. Lihaksensisäisen injektion jälkeen pitää odottaa 20–30 min ja suonensisäisen ainakin 5 min. Rauhoitettukin hevonen saattaa potkia tai purra, joten varovaisuutta ei pidä unohtaa.

Asepromatsiini (Plegicil®) sopii hermostuneille hevosille pieniä, kivuttomia toimenpiteitä varten. Sen voi yhdistää myös useiden muiden rauhoitusaineiden kanssa, ja sitä on käytetty nukutuksen esilääkkeenä. Annos on 0,01–0,05 mg/kg i.m. tai i.v. (0,1 mg/kg on ehdoton maksimi). Sitä on saatavilla myös tabletteina; annos on 0,1–0,25 mg/kg p.o. Asepromatsiini saa aikaan lievän sedaation, jota annoksen lisääminen syventää vain vähän. Varsinkin oriilla ja myös ruunilla asepromatsiini saa peniksen roikkumaan, jolloin se voi jäädä kaatuvan hevosen alle tai talvella palettua. Hypovoleemisille ja shokkipotilaille asepromatsiinia ei pidä käyttää, sillä se alentaa huomattavasti verenpainetta.

Ksylatsiini (Narcoxy® vet, Rompun® vet) on hevosella melko lyhytvaikutteinen sedaatiivi (n. 20 min), koska se metaboloituu tällä eläinlajilla nopeasti. Ksylatsiini rauhoittaa jo pienillä annoksilla (alle 0,5 mg/kg) ja on myös jonkin verran analgeettinen erityisesti viskeraalikivuissa. Suurempia annoksia käytettäessä sedaatio on hyvä, mutta ataksia pahenee. Lisänä hevoselle voi antaa **opioideja**, jolloin sedaatio ja analgesia paranevat. Anestesian esilääkityksenä ksylatsiinia annetaan 1,1 mg/kg i.v. Tätä annosta ei ole syytä ylittää. Injektion seurauksena verenväline ensin nousee ohimenevästi ja laskee sen jälkeen. Ksylatsiinia voi antaa myös lihaksensisäisesti, mutta annos on tällöin suurempi ja kallis, joten sitä ei juuri käytetä.

Detomidiini (Domosedan® vet) on vaikutuksiltaan samantyyppinen kuin ksylatsiini, mutta se on pitkävaikutteisempi (n. 1 h).

Annos on 8–20 µg/kg hitaasti i.v. tai i.m. Haittavaikutuksina ovat bradykardia ja aluksi verenpaineen nousu ja sen jälkeensä aleneminen (kuva 2-8). Jos hevonen ei rauhoitu ensimmäisen i.v.-annoksen jälkeen, kannattaa sille antaa hieman lisää, sillä ensimmäinen annos on saattanut mennä laskimon viereen, mutta jos hevonen vaikuttaa rauhoittuneelta ja reagoi silti voimakkaasti ärsykkeisiin, voi sille antaa lisäksi **opioideja**. Detomidiini imeytyy hyvin limakalvoilta, joten piikkikammoselle hevoselle sitä voi antaa n. 40 µg/kg posken limakalvolle. Huipuvaikutus saavutetaan noin 45 min kuluttua. Detomidiinia voi käyttää myös anestesian esilääkitykseen annoksella 10–20 µg/kg.

Romifidiini (Sedivet®) on vaikutuksiltaan detomidiinin kaltainen. Sen annos on 40–120 µg/kg i.v. Joidenkin tutkijoiden mielestä se aiheuttaa vähemmän ataksiaa kuin detomidiini ja myös sen kipua poistava vaikutus on huonompi, mutta toisissa tutkimuksissa ei tällaista eroa ole pystytty osoittamaan.

Opioidit ovat hyviä analgeetteja eli kivun poistajia, mutta yksinään käytettyinä ne ovat vain lievästi sedatiivisia.

Metadoni (L-Polamivet® vet) ei tavallisesti aiheuta eksitaatioita. Sitä voidaan antaa **asepromatsiinin**, **ksylatsiinin** tai **detomidiinin** lisänä, jolloin sen annos on 0,05–0,1 mg/kg hitaasti i.v. tai i.m.

Butorfanoli (Torbugesic®) on hyvä analgeetti. Sitä voidaan käyttää sedatiivien lisänä seisten tehtävissä kirurgisissa toimenpiteissä. Annos on tällöin 10–40 µg/kg hitaasti i.v. tai i.m. Se voi joskus aiheuttaa motorista yliaktiivisuutta (esim. nykiviä pään liikkeitä). Butorfanoli on melko tehokas myös viskeraalikipujen hoidossa, annos on 100 µg/kg, jos siihen ei liitetä muita sedatiiveja.

Petidiini (Petidin® Ipex) ja **morfiini** (Morphin® injekt.) voivat aiheuttaa hevoselle eksitaatiota, jos niitä ennen ei ole annettu sedatiivia.

Paikallinen ja alueellinen puudutus

Diagnostiset puudutukset ovat keskeisiä ontumatutkimuksissa. Kuvaukset tekniikoista löytyvät oppikirjoista.

Paikallispuudutuksia tehtäessä puudutusaine injisoidaan rengasmaisesti ope-roitavan alueen tai ommeltavan haavan ympärille. Se voidaan myös infiltroida säteittäisesti viiltoalueelle. Avonaisen, traumaattisen haavan kautta ruiskuttamista tulee kuitenkin välttää, ettei mahdollista infektiota levitetä ympäröiviin kudoksiin. 500 kg painoisen hevosen kerralla samaa **lidokaiini**määrä ei saisi olla yli 6 g eli 300 ml 2 % liuosta.

Seisovaa hevosta kastroitaessa 2 % **lidokaiinia** (Lidocain®, Xylocain®) ruiskutetaan rauhoituksen jälkeen kiveksen sisään, kunnes se tuntuu kovalta (30–35 ml/kives), sekä kivespussin keskiviivaan koko sen pituudelta. Puudutetta voidaan laittaa myös kiveksen proksimaalipuolelle nahan alaisiin kudoksiin siemenjohtimen ympärille 15–20 ml/puoli. Tällöin on varottava verisuonia. Puudutusten vaikutus on maksimaalinen noin 10 min kuluttua.

Johtopuudutuksissa puudutusaine ruiskutetaan hermon viereen nahan tai lihasfaskioiden alle, mistä se vähitellen kulkeutuu hermon sisään. Tällöin puutuu kyseisen hermon hermottama alue. Johtopuudutuksia ei yleensä pidä tehdä niin ylös, että hevonen menettää raajansa hallinnan, sillä se saattaa hätäntyä ja vahingoittaa itseään tai ympäristöään.

Keskikorkea johtopuudutus tehdään ruiskuttamalla 5 ml 2 % **lidokaiinia** nahan alle *nervus volaris/plantar*is lateraliuksen ja/ tai *medialiuksen* viereen vuohisnulguluiden korkeudelle. Hermo löytyy palpoimalla vastaavan *arteria* ja *vena digital*uksen volaari/plantaaripuolelta. Puudutus on käyttökelpoinen esim. kavion ja ruununrajan ope-rationeissa. Myös vuohisen takapinta puutuu.

Epiduraalipuudutus voidaan tehdä ristiluun ja ensimmäisen häntänikaman tai ensimmäisen ja toisen häntänikaman väliin aseptisellä tekniikalla. Injektiokohtaan infiltroidaan nahan alle n. 1 ml puudutusainetta. Keskilinjalta dorsaalisten *processus spinosusten* välistä työnnetään esim. 18 G neula suorassa kulmassa hevosen nahan suhteen kunnes vastus äkkiä vähenee 3–5

cm syvyydessä. Tällöin neulan pitäisi olla mennyt *ligamentum flavum* läpi epiduraalitilaan. Jos neulasta ei saa aspiroitua verta, ja ruiskutettaessa ei tunnu vastusta, voi epiduraalitilaan injisoida n. 8 ml 2 % **lidokaiinia**. Vastaavalla tekniikalla voidaan myös asettaa kanyyli holkin läpi, jolloin puudutusta voidaan tarvittaessa lisätä. Epiduraalipuudutusta voidaan käyttää esim. perineaalialueen operaatioissa ja obstetrisissa toimenpiteissä. Haittavaikutuksena voi tulla takajalkojen ohimenevää ataksiaa. Epiduraalipuudutus on mahdollista tehdä myös lumbosakraaliaukosta. Tällöin hevonen kuitenkin menettää takajalkojensa hallinnan, mikä ei yleensä ole suotavaa.

Kaato ja yleisanestesia

Hevosen yleisanestesia indusoidaan yleensä sedaation jälkeen laskimonsisäisesti annettavilla lääkeaineilla. Induktiovaiheessa pitää välttää äkillisiä ääniä ja muuta ärsytystä. Kaatamispaikan on oltava riittävän tilava sekä tasainen ja pehmeä, eikä lähitöllä saa olla vaarallisia esineitä tai kuoppia, ettei hevonen loukkaa itseään kaatuessaan tai noustessaan.

Hevosen kaaduttua se voidaan intuboida, ja anestesiaa jatketaan tarvittaessa joko inhalaatio- tai injektioanesteeteilla. Injektioanesteettia voi lisätä i.v.-boluksena noin puolet alkuperäisestä annoksesta, kun hevonen alkaa reagoida toimenpiteisiin, tai sen voi sekoittaa isotoniseen nesteeseen ja antaa hevoselle infuusiona, jonka nopeutta voi säädellä oireiden mukaisesti.

Ketamiinia (Ketalar[®], Ketamine[®], Ketaminol[®] vet) annetaan **ksylatsiinilla** (1,1 mg/kg), **detomidiinilla** (10–20 µg/kg) tai **romifidiinilla** (100 µg/kg) esilääkitylle hevoselle 2,2 mg/kg i.v. sitten, kun se näyttää selvästi rauhoittuneelta. Hevonen käy hetken kuluttua rinnalleen makaamaan. Tässä vaiheessa sitä ei saa tönä tai muuten häiritä, sillä se saattaa yrittää uudelleen ylös. Toimenpiteet voidaan aloittaa, kun hevonen on itse mennyt kyljelleen ja makaa rauhallisena. Hevosen voi tällöin myös intuboida ja kytkeä inhalaatioanestesiaalaitteisiin. Kirurgisen anestesian kesto on yleensä

10–25 min, ja hevonen nousee 20–40 min kuluttua, jos lääkitystä ei lisätä. Anestesiaa voidaan jatkaa joko ketamiinilla tai aikuiselle hevoselle myös antamalla **tiopentaalia** 1 mg/kg annoksina tarvittaessa. Tiopentaalin kokonaisannos ei saa ketamiinin jälkeen kuitenkaan ylittää 4 mg/kg, sillä muuten herääminen pitkittyy. Herääminen on tavallisesti rauhallinen, ja hevonen pysyy pystyssä ensimmäisellä yrityksellä. Tämä menetelmä sopii myös varsojen anestesiaan.

Tiopentaalinatrium (Pentothal Natrium[®]) on ultralyhytvaikutteinen barbituraatti, jota annetaan asepromatsiinien jälkeen 10 mg/kg ja α_2 -agonistin jälkeen 5–6 mg/kg i.v. Tarvittaessa sitä voidaan lisätä 250–500 mg annoksina, jolloin anestesian kesto pitenee noin 10 min. Hevosen anestesian aikana saama kokonaisannos ei saa ylittää 10 mg/kg, sillä herääminen pitkittyy ja hevonen on heräämisvaiheessa kauan ataktinen. Jos potilas on dehydroitunut tai tokseeminen, on annosta pienennettävä. Hevonen kaatuu usein melko rajusti, joten kaatoliinoja on syytä käyttää. Kirurginen anestesia kestää 5–25 min ja hevonen nousee 15–75 min kuluttua kerta-annoksen jälkeen. Heräämisvaiheessa on usein rauhattomuutta. Tiopentaalia käytetään myös inhalaatioanestesian indusointiin. Sitä ei suositella pikkuvarsoille, sillä niiden maksan metabolia ei ole vielä kunnolla kehittynyt.

Propofolia (Rapinovel[®] vet) voidaan antaa α_2 -agonistilla esilääkitylle hevoselle 2 mg/kg i.v. Kirurginen anestesia kestää noin 15 min. Hevosen kaaduttua sen voi myös intuboida ja kytkeä inhalaatiolaitteeseen tai anestesiaa ylläpidetään antamalla propofolia infuusiona 0,2 mg/kg/min. Propofolin käyttöä hevosilla rajoittavat hinta, hengityslama ja huono analgeettinen vaikutus.

Guaifenesiini (GG eli glyseryyliuajakolaatti, Myolaxin[®]) vaikuttaa sentraalisesti selkäytimessä laskien lihasten tonusta. Sillä ei ole analgeettista vaikutusta, joten sitä ei saa käyttää yksinään anestesian induktioon eikä kirurgisia toimenpiteitä saa suorittaa ilman muuta anestesiaa. Guaifenesiini

sopii hyvin käytettäväksi hevosen kaatoon barbituraattien tai ketamiinin kanssa. Annoksia voidaan pienentää ja haittavaikutusten vaara vähenee. Lisäksi kaatuminen ja herääminen ovat rauhallisempia kuin barbituraattikaadossa.

Guaifenesiini annostellaan 5–15 % liuoksena i.v.-kanyylin kautta, sillä se on erittäin ärsyttävää suonen viereen joutuessaan. Hevosen annos on 25–75 mg/kg. Guaifenesiinia annetaan esilääkitylle hevoselle, kunnes se horjuu. Sen jälkeen kaato ja anestesia indusoidaan antamalla **tiopentaalia** tai muuta ultralyhytvaikutteista barbituraattia 2,5–6 mg/kg i.v. tai **ketamiinia** (1-) 2 mg/kg. **Tiopentaalin** voi myös sekoittaa guaifenesiinin kanssa sellaisessa suhteessa, että barbituraattia on 2–3 g ja guaifenesiinia 50 g. Tätä seosta annetaan esilääkitylle hevoselle kanyylin kautta suoneen, kunnes se kaatuu. Hevonen on kirurgisessa anestesiassa yleensä 5–20 min ja nousee ylös 20–60 min kuluttua. Nukutus voi tarvittaessa jatkaa lisäämällä edellä mainittua seosta, tai hevosen voi intuboida ja kytkeä anestesia-laitteisiin. Guaifenesiinia on myös käytetty esilääkitylle hevoselle yhdessä **propofolin** kanssa. Guaifenesiinin annos on tällöin 100 mg/kg ja propofolin 0,5 mg/kg i.v., ja ne voidaan sekoittaa samaan pulloon.

Kloraalihydraatti on hyvä hypnootti, mutta sen kyky poistaa kipua on heikko, joten lisänä joudutaan käyttämään paikallispuudutusta tai anesteetteja. Aine on erittäin ärsyttävää, joten se on annettava kate-trin kautta. Kloraalihydraattia annetaan esilääkitylle hevoselle i.v. haluttuun vaikutukseen asti (n. 130 mg/kg). Yli 7 % vahvuisia liuoksia käytettäessä nukutus voi syvetä vielä 10–15 min ajan injektion loputtua. Kloraalihydraattia voi myös infusoida 10 % liuoksena, kunnes ataksia alkaa näkyä (25–50 mg/kg), minkä jälkeen anestesia indusoidaan **tiopentaalilla** (5 mg/kg) tai **ketamiinilla** (2 mg/kg). Herääminen voi olla ataktinen.

Inhalaatioanestesiassa käytetään hevosella yleensä kiertävää, puolisuuljettua systeemiä. Hiilidioksidin tehokkaasta poistos-

ta on huolehdittava. Silti CO₂-pitoisuus nousee kierrossa helposti ajan kuluessa, ellei hapen virtausta pidetä melko korkeana siten, että osa kaasusta ”huuhtoutuu” ulos systeemistä.

Halotaanin (Halothane®) haittavaikutuksia ovat hengityksen ja myokardiumin lamaantuminen sekä verenpaineen aleneminen, joka riippuu annoksesta. Heräämisvaiheessa on usein vapinaa. Halotaani ei ole erityisen hyvä analgeetti eikä tehokas refleksiin poistaja, joten sen lisänä voidaan tarvita varsinaisia analgeetteja.

Isofluraani (Forene®, Isoba® vet, Isoflo® vet, Isofluran®) alentaa hevosen sydämen supistumisvoimaa vähemmän kuin halotaani. Hengitystä se lamaa ehkä jopa enemmän kuin halotaani. Siksi isofluraani sopiikin parhaiten käytettäväksi laitteistoissa, joissa on koneellisen tekohengityksen mahdollisuus. Isofluraani on kalliimpaa kuin halotaani, mikä saattaa vähentää sen käyttöä hevosille.

Sevofluraanin (SevoFlo®, Sevorane®) vaikutukset hevosen hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintaan ovat samankaltaisia kuin isofluraanilla. Herääminen on nopea ja sen on raportoitu olevan laadultaan paremman, mutta sedatiivia kannattaa antaa ennen heräämistä. Myös sevofluraani on melko kallista.

Ilokaasu (N₂O) on hyvä analgeetti, joten sen käyttö vähentää muiden anesteettien tarvetta. Ilokaasua joudutaan kuitenkin käyttämään suurina pitoisuuksina, jolloin hapen osuus kaasuseoksessa vähenee ja hypoksian vaara lisääntyy. Tästä syystä sitä ei saisi ollenkaan käyttää potilaille, joilla on hengityksen lamaa tai keuhkosairauksia. Myös selällään makaavan hevosen keuhkoissa kaasujen vaihto on huonontunut, joten veren happipitoisuus saattaa laskea liian alhaiseksi ilokaasua käytettäessä. Ilokaasu diffundoituu kaasun täyttämiin onteloihin, joten se ei sovellu hevosille, joiden suolisto on kaasun täyttämä tai joilla on *pneumothorax*. Ilokaasun antaminen tulee lopettaa ajoissa ja jatkaa hapen annolla 5–10 min, jotta heräämisvaiheessa ei kehitä hypoksiaa.

Herääminen

Hevosen tulee antaa herätä rauhallisessa paikassa, jossa ei ole vaarallisia esineitä tai rakenteita, joihin se voisi kolhia itsensä. Sitä ei saa hätistää pystyyn ennen kuin se on riittävän orientoitunut pysyäkseen tasapainossa. Varsinkin pitkän **barbituraatti-anestesian** jälkeen heräämisvaihe voi olla hyvin raju, kun hevonen yrittää pystyyn, kaatuilee ja konttailee. Pieni annos lyhytvaikutteista rauhoitusainetta, kuten **ksylatsiinia**, voi auttaa. Asianmukainen kipulääkitys rauhoittaa usein myös heräämistä.

Anestesian komplikaatioita

Hevosen suuri ruumiinpaino ja vatsaontelon elinten koko aiheuttavat makaavalle hevoselle useita ongelmia, jotka korostuvat nukutuksen aikana. Kyljellään ja varsinkin selällään makaavan hevosen elimet painavat pallean, jolloin ilmatiet painuvat kasaan ja keuhkoveren happiosapaine alenee. Tilanne huononee entisestään, jos suolisto on epänormaalin täyttynyt.

Hevonen saa myös herkästi lihaskvaurioita anestesian aikana, sillä alustaa vasten oleviin lihaksiin kohdistuva paine heikentää niiden verenkiertoa. Jos lisäksi hevosen verenpaine on alhainen esim. nestehukan, shokin tai liian syvän anestesian vuoksi tai jos anestesia venyy pitkäksi, alkavat lihas-solut vaurioitua hapenpuutteen seurauksena. Tämä havaitaan lihasten aristuksena ja turvotuksena. Hevosella saattaa jopa olla vaikeuksia ylös noustessaan tai se ei ehkä kykene ollenkaan seisomaan. Vakavat vauriot voivat johtaa lihassolujen degeneraatioon.

Hermotkin saattavat jäädä puristuksiin anestesian aikana. *N. facialis* voi vahingoittua päähän unohdetun riimun painaessa, ja *n. radialis* on alttiina vaurioille kulkiesaan radiuksen yli. Raajojen hermopleksukset ovat lisäksi herkkiä venytykselle. Useat hermovauriot ovat ohimeneviä, mutta ne voivat vaikeuttaa huomattavasti hevosen nousemista. Myös pysyviä vaurioita voi jäädä. Selkäytimen malasia on harvinainen mutta fataali anestesiakomplikaatio.

Lihaskvaurioiden riskiä voi huomattavasti vähentää, jos leikkausalue on kunnolla pehmustettu. Esim. ilma- tai vesipatja on hyvä alusta. Ylimääräisiä tyynyjä voi tarvittaessa käyttää lavan alla ja jalkojen välissä, kun hevonen makaa kyljellään. Selkäsennossa alustan merkitys vielä korostuu. Etujalkojen sitominen koukkuun rintaa vasten on suositeltavaa. Riimu tulee aina avata tai muuten huolehtia, ettei se paina. Tarpeettoman syvää anestesiaa on vältettävä, ja verenpaine pitäisi muutenkin pyrkiä pitämään riittävän korkeana. Anestesian aikana tehtävät toimenpiteet on suunniteltava huolellisesti ennakolta, ettei anestesia kestäisi kauemmin kuin on välttämätöntä.

Kun lihakset ovat vahingoittuneet, ei mikään hoito nopeuta niiden regeneraatiota. Siksi hoito on symptomaattista ja sen tarkoituksena on auttaa hevosta selviytymään, kunnes lihakset paranevat. Lihaskvaurioista johtuvaa kipua ja tulehdusreaktiota voidaan lievittää tulehduskipulääkkeillä kuten **fluniksiinilla** (Finadyne® vet, Flunixin®, Meflosyl® vet). **DMSO** (dimetyylisulfoksidi, 5 %, 1 mg/kg i.v., p.o.) estää turvotuksen muodostumista ja vähentää tulehdusreaktiota. **Detomidiini** ja **ksylatsiini** vähentävät kipua ja rauhattomuutta. Myös **butorfanoli** on tehokas kipulääke. **Deksametasonia** voidaan antaa lyhyenä hoitajaksona, jos hevosella on vakavien lihaskvaurioiden oireita. **Dantroleeniä** (Dantrium®) on toisinaan käytetty lihaskvaurioiden oireita. **Dantroleeniä** on toisinaan käytetty lihaskvaurioiden oireita. **Dantroleeniä** (Dantrium®) on toisinaan käytetty lihaskvaurioiden oireita. **Dantroleeniä** on toisinaan käytetty lihaskvaurioiden oireita. **Dantroleeniä** on toisinaan käytetty lihaskvaurioiden oireita.

Jos hevonen ei pääse anestesian jälkeen ylös, on sen ravinnon ja veden saannista huolehdittava. Elektrolyyttiliuosta annetaan infuusiona, jotta verenpaine saataisiin pysymään riittävän korkeana, munuaisten toiminta turvattaisiin ja estettäisiin vapau-

tuvan myoglobiinin aiheuttamia tubulusvaurioita. **Natriumbikarbonaattia** ja **kalسيومia** annetaan tarvittaessa. Makuupaikka kuivutetaan ja pehmustetaan hyvin, ja hevosta rohkaistaan makaamaan rinnallaan. Hevosta kannattaa käänellä parin tunnin välein, jotta lihasten verenkierto säi-

lyisi. Jos hevonen pakotetaan seisomaan tai nostetaan riippumattoon, voi lihasten iskemiat kehittyä degeneraatioksi. Hevonen saattaa maata jopa 24–48 tuntia ennen kuin se kykenee nousemaan. Useimmat hevoset nousevat, kun ne tietävät pystyvänsä seisomaan.

25. Sian sedaatio ja anestesia

Marja Raekallio

Sialle sopivan kenttäanestesiamenetelmän pitäisi olla luotettava, turvallinen, helppo annostella ja kustannuksiltaan halpa. Lihasseläksäation ja analgesian tulisi olla riittävät. Nukutukseen ei myöskään yleensä ole käytettävissä kookkaita tai kalliita välineitä. Näistä tavoitteista joudutaan usein tinkimään, sillä kaikki nämä ehdot täyttävää menetelmää ei ole. Sioilla tuotantoeläiminä tulee lisäksi ottaa huomioon teuraseläimiä koskevat rajoitukset. Valittavasti praktiikkaolosuhteisiin sopivia, tuotantoeläimille hyväksytyjä lääkkeitä on erittäin vähän. Sikoja käytetään paljon myös koe-eläiminä, jolloin vaatimukset ja mahdollisuudet anestesian ja kivun hoidon suhteenkin ovat erilaiset. Minisikoja on sekä lemmikkeinä että koe-eläiminä. Niilläkin on omat erityispiirteensä, jotka pitää huomioida. Sopivin menetelmä joudutaankin valitsemaan tilanteen mukaan. Sian koko, toimenpiteen kesto ja kivuliaisuus, hoidettavan yksilön arvo sekä käytettävissä olevat välineet vaikuttavat valintaan.

Yleisesti ottaen siat ovat hyviä anestesiapotilaita. Ne eivät saa helposti rajua ekstitaatiota, ja heräämisvaihekin on yleensä rauhallinen. Toisaalta sian runsas rasvakudos varastoi anesteetteja, joten anestesian tarve lisääntyy ja turvallisuusmarginaali kapeenee.

Esivalmistelut

Ennen nukutusta sikoja on hyvä paastottaa 6–8 tuntia. Vettä voi olla vapaasti saatavilla. Varsinkin minisialla on stressiä välttävä esivalmistelujen aikana, ja ruumiinlämmön ylläpitämiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota.

Esilääkitys ja rauhoitus

Esilääkitystä käytetään, jotta anestesiasta saadaan turvallinen ja miellyttävä. Yleisa-

nestesian indusointi on helpompaa, kun sika on rauhoitettu. Tarkoituksena on myös vähentää käytettävän anestesian määrää, indusoida analgesia, saada heräämisvaihe rauhalliseksi, vähentää syljen eritystä ja estää vagusvaikutuksen aiheuttama bradykardia.

Atropiinia (Atropin®) käytetään estämään salivaatiota ja bradykardiaa joko rutiininomaisesti tai tarvittaessa. Sian annos on 0,02 mg/kg i.v. tai 0,04–0,08 mg/kg i.m., ja sen voi antaa muun esilääkityksen yhteydessä. Atropiinin sijasta voidaan antaa **glykopyrronia** (Glycostigmin®, Robinul®) 0,004–0,01 mg/kg i.m. tai i.v. Se sopii atropiinia paremmin varsinkin pikkuporsaille. Parasymptomolyyttejä voi käyttää kaikkien seuraavien lääkkeiden kanssa.

Atsaperoni (Stresnil®) on sioilla rauhoittava, mutta ei analgeettinen. Pienissä kirurgisissa toimenpiteissä voi lisänä käyttää paikallispuudutusta. Rauhoitettu sika on myös herkkä äänille, joten turhaa melua ja muuta stimulaatiota varsinkin rauhoittumisvaiheessa on vältettävä. Atsaperonilla ei ole vaikutusta hengitykseen, mutta verenväline ja ruumiinlämpö laskevat huomattavasti. Syljen eritystä on runsasta, jos **atropiinia** ei anneta. Atsaperonia käytetään sioilla yleisesti myös nukutuksen esilääkkeenä. Annos on 4–8 mg/kg pienille ja 2 mg/kg i.m. isommille ja täysikasvuille sioille. SIITOSKARJUJILLE ei pidä antaa yli 1 mg/kg, sillä suuremmat annokset saavat peniksen roikkumaan, jolloin se voi vahingoittua. Annos 2,5 mg/kg riittää estämään tappeluita, kun sikoja yhdistellään laumoiksi. Minisioilla 2 mg/kg i.m. saa aikaan sedaation ja vaihtelevan ataksian.

Asepromatsiini (Plegicil®) aiheuttaa sialle vaihtelevan sedaation. Annos on 0,03–1,0 mg/kg i.m., i.v., s.c. Sian kokonaisannos ei saisi olla yli 15 mg. Se sopii esim. rauhoittamiseen ennen suonensisäistä injektiota.

Asepromatsiini, kuten muutkin fentiatsiinijohdokset, on kontraindisoituja shokki- ja toksemiapotilaille tai jos elimiä manipuloidaan paljon, sillä fentiatsiinijohdokset alentavat verenpainetta.

Diatsepaamia (Diapam[®], Medipam[®], Stesolid[®]) on käytetty sioille joko yksinään (8–10 mg/kg) tai yhdistettynä muihin rauhoitusaineisiin pienempinä annoksina (1–2 mg/kg i.m.). Haittana on injisoitavan liuksen suuri tilavuus, sillä valmiste on melko laimeaa. Se on myös suhteellisen kallista.

Midatsolaami (Dormicum[®], Midazolam[®]) sopii hyvin sian rauhoittamiseen annoksella 0,1–0,5 mg/kg i.m. tai i.v. Sitä voidaan käyttää joko yksinään tai yhdistelmissä. Syvä sedaatio alkaa 20 min kuluessa i.m. injektioon jälkeen.

Droperidoli (Dehydrobenzperidol[®]; 0,5 mg/kg) yhdistettynä **midatsolaamiin** (0,3 mg/kg) i.m. antaa hyvän sedaation pieniä toimenpiteitä, kuten esim. radiologista tutkimusta varten.

Ksylatsiini (Narcoxy[®] vet, Rompun[®] vet) ei sialla ole tehokas yksinään käytettynä. Sen voi yhdistää esim. **ketamiinin** kanssa. Ksylatsiinin annos on yhdistelmissä 0,2–2,0 mg/kg i.m.

Medetomidinia (Domitor[®]) annetaan yleensä yhdistettynä muihin sedatiiveihin ja/tai anesteetteihin 0,05–0,2 mg/kg i.m., i.v.

Paikallinen ja alueellinen puudutus

Paikallispuudutuksia voi sialla tarvittaessa käyttää rauhoituksen tai kevyen anestesian lisänä pienissä kirurgisissa toimenpiteissä. Puudutusaine injisoidaan tarpeen mukaan esim. rengasmaisesti nahan alle operoitavan alueen ympärille tai se infiltroidaan viiltoalueelle säteittäisesti. Kastraatiossa puudutusaine voidaan ruiskuttaa osittain nahan alle viiltokohtaan ja osittain kiveksen sisään.

Epiduraalipuudutus saa aikaan alueellisen anestesian. Pienille porsaille se on helppo tehdä, mutta isommilla sioilla oikean kohdan palpoiminen voi olla hankalaa. Lihasselaksaatio ja analgesia ovat hyvät

sian takaosassa. Etujalkojen liikkeet estetään tarvittaessa muilla keinoilla. Esirauhoitukseen voidaan käyttää esim. **atsaperonia** 6 mg/kg. Rauhoittunut sika asetetaan vatsalleen ja takajalkoja vedetään kylkien suuntaisesti eteenpäin, jolloin lumbosakraaliväli avautuu mahdollisimman laajaksi. Oikea injektio kohta etsitään palpoimalla suoliluun harjanteiden välinen linja. Alueelta ajellaan karvat ja se pestään. Alkuannos 2 %:sta **lidokaiinia** (Lidocain[®], Xylocain[®]) on 1,5 ml, jonka jälkeen 1 ml jokaista 10 cm kohti, jonka halutaan puutuvan. Käytetään 21 G:n (vihreä) neulaa 10–25 kg:n painoisille ja 20 G:n (keltainen) neulaa isommille. Anaalirefleksin häviäminen on merkki puudutuksen onnistumisesta. Minisialle ruiskutetaan 1 ml ja lisäksi 1 ml/puudutettava 10 cm. Emakon keisarileikkauksessa puudutetilavuus voi olla 20 ml:aan asti. Puudutuksen vaikutus kestää 45 min – 2 h. Epiduraalipuudutuksen jälkeen sikaa ei saa roikottaa pää alaspäin, sillä puudutusaine voi levitä liikaa kraniaalisuuntaan. Epiduraalipuudutusta ei pidä käyttää shokki- tai toksemiapotilailla, sillä se alentaa huomattavasti verenpainetta.

Yleisanestesia

Sian pään muoto, nielun alueella oleva rasva sekä ahdas kurkunpää ja trakea lisäävät ylempien hengitysteiden tukoksen riskiä sekä rauhoitetuilla että nukutetuilla sioilla. Myös syljen erittyminen voi haitata hengitystä. Ahtautuneet hengitystiet voivat aueta, kun sian kieli vedetään etuhampaiden väliin ja alaleukaa painetaan eteenpäin leukakaaren takaa. Jos hengitystiet ovat auki, mutta sika ei siitä huolimatta hengitä, voi sille antaa **doksapraamia** (Dopram[®]) 2–3 mg/kg i.v. Se vähentää **barbituraattien** ja inhalaatioanesteettien aiheuttamaa sentraalista hengityksen lamaantumista.

Ketamiini (Ketalar[®], Ketamine[®], Ketaminol[®] vet) sopii sioilla pieniin, lyhytkestoiisiin toimenpiteisiin, joissa ei tarvita kovin tehokasta kivun poistoa. Sitä pitäisi aina käyttää kunnollisen sedaation tai neuroleptin kanssa. Joillekin kookkaille ja täysikas-

vuisille sioille on raportoitu tulleen stressisyndrooman kaltaisia oireita käytettäessä pelkkää ketamiinia. Yhdistelmissä ketamiinia voi antaa 10–15 mg/kg i.m. tai 5–10 mg/kg i.v. Sopivia esilääkkeitä ovat esim. **diatsepaami**, **atsaperoni** tai **ksylatsiini**. Ketamiiniyhdistelmillä nukutetuilla sioilla on usein jonkin verran spontaaneja lihasliikekeitä, mikä rajoittaa aineen käyttökelpoisuutta. Aineen käyttöä isokokoisille sioille vähentänee sen melko kallis hinta.

Barbituraatteja käytetään yleisesti sian anestesiaan. Ne tulisi antaa suonensisäisesti ja mieluiten laimeina liuoksina (1–3 %) vastetta seuraten. Sialla korvasuonet ovat parhaita i.v.-injektioihin. *V. cava cranialis* ei ole suositeltava paikka anesteettien antamiseen, sillä aineet saapuvat silloin sydämeen boluksina vaarallisen korkeina konsentraatioina. Lisäksi neulan kärjen tarkkaa sijaintia ei pysty varmistamaan, joten ärsyttävien perivaskulaaristen injektioiden vaara on suuri.

Tiamylaali- (Surital®) tai **tiopentaalinatrium** (Pentothal Natrium®) voidaan injisoida 2,5–5 % liuoksena 6–11 mg/kg i.v. Ne ovat käyttökelpoisia alle 60 kg sioille lyhyissä toimenpiteissä, sillä kirurginen anestesia kestää usein vain 10 min. Injektioiden toistaminen voi lamata hengitystä sekä sydäntä ja verenkiertoa tai pidentää heräämisaikaa.

Pentobarbitaalin (Mebunat® vet) kanssa on syytä käyttää esilääkitystä. Suositeltu pentobarbitaaliannos on 18–24 mg/kg i.v. tai i.p., mutta tehokkaan rauhoituksen kanssa jopa 8 mg/kg i.v. voi riittää. Tällöin myös hengityksen ja vasomotorisen keskuksen lama vähenee. Intraperitoneaalisten injektioiden jälkeen yksilölliset vasteet vaihtelevat paljon, ja varsinkin suurina konsentraatioina barbituraatit ovat ärsyttäviä ja voivat aiheuttaa tulehdusta ja kiinnikkeisen peritoniitin. Pentobarbitaalia voi antaa myös laimeana liuoksena pienenä annoksena lihakseen, jolloin se saa aikaan lievän sedaa-tion.

KARJUJA kastroitaessa pentobarbitaalia on käytetty intratestikulaarisena injektiona. Kastroatio on suoritettava heti, kun aneste-

Taulukko 25-1. Esimerkkejä MINISIAN rauhoituksesta.

- **atropiini** (0,04 mg/kg) + **atsaperoni** (2 mg/kg) + **ksylatsiini** (1 mg/kg) tai **medetomidini** (0,05 mg/kg) + **ketamiini** (1 mg/kg) i.m.
- **atropiini** (0,04 mg/kg) + **midatsolaami** (0,5 mg/kg) + **butorfanoli** (0,1 mg/kg) i.m.

sia on riittävän syvä, jolloin ylimääräinen barbituraatti poistuu elimistöstä kivesten poiston mukana. Tällä menetelmällä nukutetun karjun kiveksiä ei saa jättää muiden eläinten syötäväiksi, sillä niiden sisältämä lääkemäärä voi olla tappava.

Propofolia (Rapinovel®) voi antaa anestesian induktioon noin 1 mg/kg i.v. vastetta seuraten.

Tiletamiini-tsolatsepaamia (Telazol®, Zoletil®) voi antaa **ksylatsiinilla** (0,05–0,3 mg/kg i.m.) tai **atsaperonilla** (0,3–6 mg/kg i.m.) esilääkitylle sialle annoksella 0,5–5 mg/kg i.m. Yhdistelmä saa aikaan hyvän analgesian ja lihasrelaksaation ja sen sydänvaikutukset ovat vähäiset, mutta toisinaan hengityslama on huomattava. Ylimmillä tässä mainituilla annoksilla anestesian kesto on noin tunnin. Pienemmillä annoksilla anestesian taso on kevyt ja kesto lyhytaikainen, joten lisäannokset voivat olla tarpeen.

Inhalaatioanestesia on hyvä vaihtoehto, jos välineet ovat saatavilla. Anestesia voidaan indusoida joko injisoitavilla aineilla tai maskilla. Sen jälkeen sian voi intuboida tai nukutusta voi edelleen jatkaa maskilla. **Halotaanin** (Halothane®) tai **isofluraanin** (Forene®, Isoba® vet, Isoflo® vet, Isofluran®) lisänä voi käyttää **ilokaasua** (O₂+N₂O; 1+1). VASTASYNTYNEILLE PORSAILLE suositellaan maski-induktiota pelkän **atropiini**esilääkityksen jälkeen, sillä ne ovat herkkiä lääkeaineille, ja varsinkin **barbituraattien** yliannoksen vaara on suuri. Halotaani tai isofluraani ja ilokaasu sopivat myös EMAKON sektioon. Anestesia voidaan tällöin indusoida esim. **tiopentaalilla** (4 mg/kg i.v.).

Halotaania käytettäessä voi ilmetä **sian perinnöllinen maligni hypertermia**. Lihasjäykkyys havaitaan usein ensin sorkkien

harittamisena. Ruumiinlämmön kohotessa ihoon alkaa ilmestyä punertavia läiskiä. Muita oireita ovat äkillinen takykardia, hengityksen kiihtyminen, joka kehittyy *dyspneaksi*, sekä lopuksi *apnea*, sydämen rytmihäiriöt, *bradykardia* ja kuolema. Tilaan liittyy myös hyperkalemia ja metabolinen asidoosi. Jos oireet havaitaan aikaisessa vaiheessa, saattavat happi, natriumbikarbonaatti ja sian nopea jäähdyttäminen kylmällä vedellä tai jäällä auttaa. Halotaanin antaminen pitää samalla keskeyttää.

Lihasselaksanteja voidaan antaa, jos käytössä on respiraattori. Tällöin pitää tietenkin aina huolehtia myös riittävästä anestesiasta. **Suksametonin** (Sukolin[®]) annos sialle on 2 mg/kg ja vaikutuksen kestoaika on noin 2–3 min. **D-Tubokurariinin** annos on 0,3 mg/kg (25–35 min), **gallamiinin** (Fla-

xedil[®]) 4 mg/kg (15–20 min), **pankuronin** (Pavulon[®]) 0,12 mg/kg (25–30 min), **vekuronin** (Norcuron[®]) 0,1 mg/kg (15–20 min) ja **atrakuurin** (Atracurium[®]) 0,5 mg/kg (20–60 min).

Herääminen

Rauhoituksen, nukutuksen tai epiduraali-puudutuksen jälkeen siat pidetään lämpimässä paikassa, kunnes ne pystyvät taas liikkumaan. Siat muuttuvat melko nopeasti alilämpöisiksi, sillä niillä ei ole suojaavaa karvapeitettä. Myös hengitystä pitää seurata, jotta mahdolliset tukokset huomataan ajoissa. Nukutettuja sikoja ei tietenkään saa laittaa heräämään samaan karsinaan virkeiden kanssa, ennen kuin ne ovat tarpeeksi hyvässä kunnossa puolustautuakseen.

26. Naudan anestesia

Erkki Pyörälä

Päivittäisessä nautapraktiikassa käytetään pienissä kirurgisissa toimenpiteissä vain kevyttä rauhoitusta ja mahdollisesti sen lisänä paikallisuudutuksia. Yleisanestesiaa pidetään riskialttiina, vaikeasti toteutettavana ja ehkä kalliinakin. Erilaiset johtopuudutukset ovat myös vaihtoehtoina nukkuttamiselle. Aina ne eivät yksin riitä, jos eläin esimerkiksi aseptiikan säilyttämiseksi on pidettävä ehdottomasti paikallaan. Yleisanestesian perusteet on myös hallittava ennen kuin nautakirurgiaa pystytään harjoittamaan monipuolisesti joskus hyvinkin yllättävissä tilanteissa. Naudan anestesiologian kirjo on muihin kotieläimiin verrattuna monipuolinen. Liian vaikeaa se ei ole, vaikka navettaoloissa kiireisenä työaikana siltä tuntuukin, ja moni kirurginen toimenpide jää ehkä ajatukseksi.

Eläimen rauhoitus

Työturvallisuus on yksi olennainen syy eläimen rauhoittamiseen. Esim. vedinkirurgia hankalinee työasentoineen lähes lehmän alla on riskialtista. Eläimet reagoivat rauhoitusaineisiin yksilöllisesti. Sen vuoksi fyysiset pakkokeinot on syytä ottaa lisäksi käyttöön. Pään sitominen, sierainpihdit, potkunestäjät, häntä- tai masmalo-ote tai eläimen sitominen eri tavoin ovat käyttökelpoisia turvallisuuden lisääjiä. Paikallistai johtopuudutus on kivuliaissa toimenpiteissä lisänä välttämätön.

Useimmat kirurgiset toimenpiteet tehdään lehmän seisoessa. Tämä on otettava huomioon rauhoittavia aineita annosteltaessa. Rauhoitetun eläimen jättäminen yksikseen pidemmäksi aikaa aiheuttaa todennäköisesti ei-toivotun makuullemenon, ja potilaan saaminen uudelleen ylös voi olla työlästä.

Sedatiivit

α_2 -Agonistit vaikuttavat estämällä noradrenaliinivälitteisten hermoimpulssien kulua. Ne laskevat tietoisuuden tasoa ja nostavat kipukynnystä. Samalla ne lamaavat suoliston ja pötsin toimintaa, mikä havaitaan lievänä tympaniana. Salivaatio lisääntyy, ja nielemisrefleksin hävitessä aspiraatoriski kasvaa.

Ksylatsiinia (Narcoxy[®] vet, Rompun[®] vet) käytetään yleisesti nautojen rauhoittamiseen annoksella 0,025–0,1 mg/kg i.v. tai 0,1–0,3 mg/kg i.m. Sillä on myös analgeettista ja lihaksia relaksoivaa vaikutusta. Varsinkin pikkuvasioita rauhoitettaessa anestelutarkkuus on tärkeä. Huonokuntoisille eläimille käytetään normaalia alhaisempaa annosta.

Varsinkin keuhkopotilailla on vaarana hypoksia, sillä hengitysfrekvenssi alenee ja valtimoveren hapen osapaine pienenee. Vaikutuksessa on eroja eri yksilöiden ja rotujen välillä. Esim. Hereford-rotuisista eläimistä lähes 85 % paneutuu makuulle injektion jälkeen, mutta lypsyrotuisista yleensä vain noin neljännes saman annoksen saaneista. Limousine-rotu vaikuttaa hyvin resistentiltä ksylatsiinille. Tiineyden loppukuukausina ei suositella ksylatsiinia sen kohtua supistavan vaikutuksen vuoksi. Sektioissa kohdun supistuminen vaikeuttaa sen nostamista vatsaontelosta.

Detomidiini (Domosedan[®] vet) nostaa tehokkaasti kipukynnystä. Kuten ksylatsiinillakin yksilölliset erot vaikutusherkkyydessä ovat suuria. Annos on naudalle 20–80 µg/kg i.v. tai i.m. Vaikka kohtua supistava vaikutus ei ole yhtä voimakas kuin ksylatsiinilla, käytössä on noudatettava varovaisuutta tiineyden loppuvaiheessa. Sitä ei suositella heikkokuntoisille eläimille.

Metadoni (L-Polamivet® vet) on voimakas synteettinen opioidi, joka vaikuttaa isoissa aivoissa sijaitsevaan kipukeskukseen ja heikentää kiputuntemusta. Sen käyttö nautapraktiikassa on rajoitettua. Suositeltu annos sedaatioon ja analgesiaan on 0,02–0,03 mg/kg i.v. Yksin käytettynä opioidi aiheuttaa usein kiihotustilan keskushermostossa. Ksylatsiinia ja metadonia on käytetty yhdistelmänä vaikeasti käsiteltäville eläimille ja esimerkiksi vasikoiden anestesiassa. Ksylatsiiniannos on silloin n. 0,2 mg/kg ja metadonin 0,07 mg/kg i.v.

Yliannostuksen hoitaminen

Yliannostustapauksissa hengitystä voidaan stimuloida **doksapraamilla** (Dopram®) annoksella (0,5–1,0 mg/kg i.v.). Myös kielen alle valmistetta voidaan tiputtaa. **Adrenaliini**-injektio (Adrenalin®, 3–5 mg/kg) suonensisäisesti on sydänhieronnan lisäksi hätätapauksissa tarpeen. α_2 -Antagonisti, **atipametsoli** (Antisedan®) lisää noradrenaliinivälittäjäaineen vapautumista, jolloin keskushermosto aktivoituu. Sydämen syke kohoaa, ja verenpaine nousee. Annos on 0,1–0,2 mg /kg injisoituna lihakseen.

Paikallinen ja alueellinen puudutus

Infiltraatiopuudutus on helppo, halpa ja usein riittävä suurissakin nautaleikkauksissa. Sedaatiota käytetään harkinnan mukaan lisänä. Infektoituneille alueille paikallisuudutus ei sovi, varsinkaan raajojen distaaliosissa. Suora haava-alueen puuduttaminen voi hidastaa paranemista. Johtopuudutusten ja raajojen laskimopuudutusten osuus käytännön kirurgiassa on vaatimaton, mutta niiden valikoima on laaja.

Pään alue

Sarven puudutus. *N. trigeminuksen* haara *n. ophthalmicus* jakaantuu mm. *n. lacrimalikseksi*, josta lähtee sarven alueen hermotuksesta huolehtiva *n. cornualis*. Se kulkee *orbitan* seudulta *crista frontaliuksen* reunan alla ja tulee lähestyessään sarven

juurta lähelle ihoa. 20 G:n neulaa käyttäen injisoidaan 5–10 ml 2 % **lidokaiinia** (Lidocain®, Xylocain®) 2–3 cm sarven juuren etupuolelle aivan *crista frontaliuksen* reunan alle (kuva 26-1). Neula työnnetään ihon alle harjanteen suuntaisesti. Puolet puudutusaineesta jätetään lähelle sarven juurta hermon haarautumiskohdalle ja loput ruiskutetaan neulaa takaisin vedettäessä harjanteen reunan alle. Liian syvälle pistettynä puudutusaine joutuu *m. temporaliksi*n kalvojänteeseen alle, ja toivottua vaikutusta ei saada. Samoin puutumista ei tapahdu, jos eksytään harjanteen päälle. Varsinkin isojen sonnien sarven taakse on syytä infiltroida lidokaiinia, koska kaudaalipuolen puutuminen on aina hiukan niin ja näin. Vasikkaa nupoutettaessa rauhoituksen jälkeen tarvitaan lidokaiinia yhteen sarvenaiheeseen n. 3 ml.

Silmän poisto vaatii retrobulbaarianestesian, ellei inhalaatioanestesia ole käytössä. Leikkaus kestää niin kauan, ettei muita vaihtoehtoja ole. Ensin sidekalvo pintapuudutetaan. Silmämunana työnnetään kuopasaan lateraalikulmaan, jolloin sormenpää jää mediaalikulmaan. Käyräksi väännettyä, 10 cm pitkää 18 G:n neulaa työnnetään sisään sormeaa pitkin silmänurkasta. Silmämunan takapuolelle injisoidaan 20 ml 2 % **lidokaiinia**. Varotaan *n. opticus*tta. Neulalla joudutaan helposti kallon sisälle *foramen optikuksesta*, mikä on hengenvaarallista.



Kuva 26-1. Sarven puudutus.

Neulan kärki on syytä mieluiten pitää ventraalisesti silmäkuopassa. Puutuessaan silmämunaa liikuttavat lihakset löystyvät, ja silmä pullistuu ulos kuopastaan. Silmäkirurgiaa harrastavan on muistettava, että paine silmämunaan vaikuttaa sydämen toimintaan *n. trigeminuksen* ja *n. vaguksen* kautta. Bradykardia ja arytmia menevät yleensä ohi, kun silmän käsittely lopetetaan. Ellei tilanne muuten rauhoitu, voidaan **atropiinia** (Atropin®) antaa 0,12 mg/kg s.c.

Roskan poistaminen silmästä saattaa olla erittäin vaikeaa eläimen rauhoituksesta huolimatta. Tiukasti yhteenpuristetut luomet ja pään tempominen ovat hyvin tuttu ja ikävä yhdistelmä. Luomien akinesia ei poista tuntoa, mutta estää niiden liikkumisen. *N. auriculopalpebralis* on *n. facialis*ksen haara ja tavoitettavissa *arcus zygomaticuksen* kolosta korvan lihasten kiinnityskohdan etupuolella (kuva 26-2). Ihon alle injisoidaan 5–10 ml 2 % **lidokaiinia**. Lisäksi käytetään puuduttavia silmätippoja sidekalvolle. Tarkoitukseen sopii esim. **oksibuprokaiini** (Minims Benoxinate Hydrochloride®, Oftan Flurecain®, Oftan Obucain®). Puudutettu silmä on jatkuvasti auki, joten sitä on kostutettava tai muuten suojattava.

Haavat **turvan alueella** voidaan puuduttaa infiltroimalla, mutta jos niitä on runsaasti, johtopuudutus on parempi vaihtoehto. *N. infraorbitalis* kulkee omassa kanavassaan ja tulee ulos yläleuan toisen premolaarihampaan kohdalla yläleuan pin-

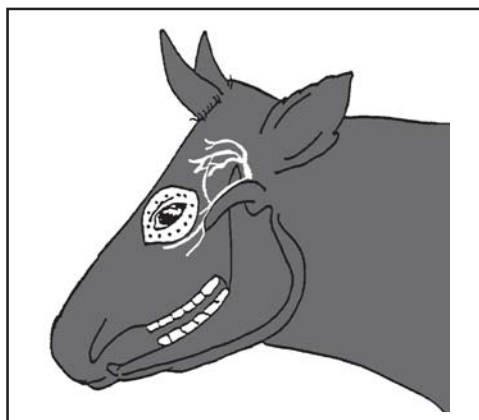
nalla (kuva 26-3). 30 ml 2 % **lidokaiinia** ruiskutetaan ihon ja yläleuan pinnan väliin kyseisestä kohdasta turpaan päin kummallakin puolella päätä neulaa eri suuntiin käännetten.

Alaleuan alueen operaatiot ja pään onteloiden trepanaatiot (kallonporaus) on syytä tehdä yleisanestesiassa, sillä tarpeelliset johtopuudutukset ovat vaikeahkoja. Lisäksi voidaan käyttää infiltraatiopuudutusta.

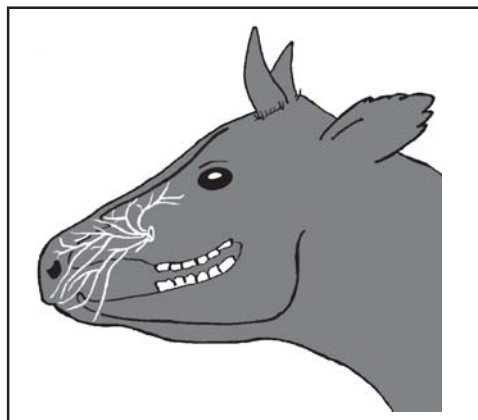
Laparotomian anestesia

Seisovan lehmän nälkäkuoppaan tehtävän laparotomiaviiltoalueen puudutuksista esitetään tässä seuraavat kolme tapaa:

1. Infiltraatio haavan alueelle on yleisemmin käytetty menetelmä. Aikuisen naudan kylkiviiltoon voidaan käyttää 2 % **lidokaiinia** 50–150 ml riippuen haavan pituudesta. Fysiologisella keittosuolalla laimentaan saadaan varsinkin pitkän haavan aluetta puudutettaessa injektioneeste tasaisesti jaettua koko alueelle. 18 G:n neula on puudutukseen sopiva. Vatsan seinämän paksuutta on vaikea arvioida. Puudutusaine jää helposti vain ihon alle ja pinnallisempiin lihaksiin. Syvemmissä kerroksissa kivun tunto on vähäisempää. Nekin saadaan puudutettua tehokkaasti, kun ensin injisoidaan puudute ihon alle. Viillon jälkeen yletytään lihaskerroksiin paremmin. Yleinen virhe on malttamattomuus veitsen kanssa. Vasta 10–15 minuutin kuluttua puudutus on parhaimmillaan.



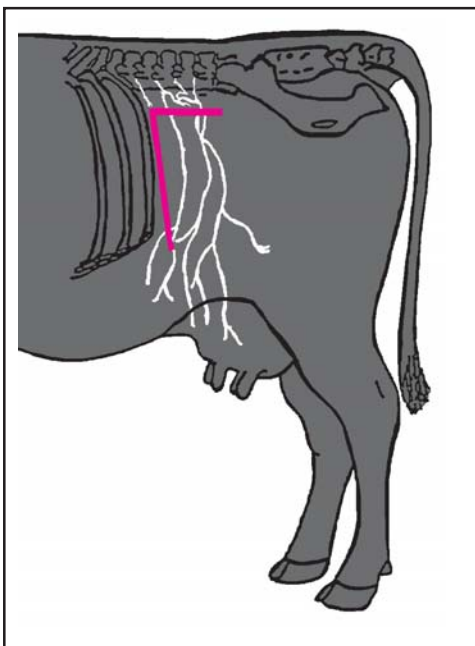
Kuva 26-2. *N. auriculopalpebralis*ksen kulku.



Kuva 26-3. *N. infraorbitalis* hermottaa turpaa.

2. Käännetty L-puudutus kohdistuu kaikkiin kylkikaaren ja lantion etureunan välisiin hermorunkoihin. Yhteensä n. 100 ml 2 % lidokaiinia injisoidaan kaikkiin kerkoksiin viimeisen kylkiluun taakse pystysuoraan linjaan haava-alueen pituudelta sekä lantionikamien poikkihaarakkeiden alapuolelle pituussuuntaisesti (kuva 26-4). Tätä menetelmää käytettäessä vältetään haava-alueen turvotukselta ja hematomilta. Kokeimuksen mukaan puudutusta joudutaan usein parantelemaan paikallisella infiltraatiolla.

3. Paravertebraalipuudutusmuodoista eräs yksinkertaisimpia on seuraava menetelmä: Viimeisen rintanikaman ja kahden ensimmäisen lannenikaman *foramen intervertebralen* kautta ventraalisuuntaan lähtevät hermoradat puudutetaan. Oka-haarakkeista 5 cm lateraalisuuntaan tunnistellaan kahden ensimmäisen lantionikaman poikkihaarakkeiden takareunat (kuva 26-5). Näiden haarakkeiden takareunan alle injisoidaan n. 10 ml 2 % lidokaiinia. Rintakehän alueen kaudaalisen hermon puudutus onnistuu seuraavasti: Etsitään ensimmäisen lannenikaman poikkihaarakkeen etureunan lateraalisin kulma (kuva



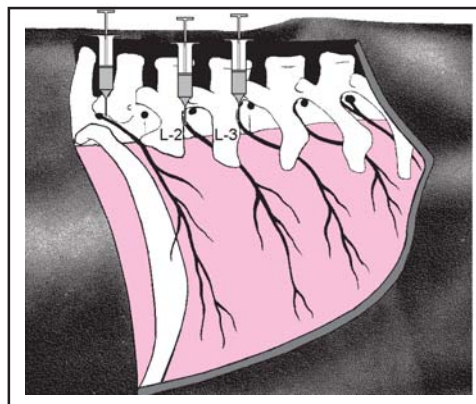
Kuva 26-4. Käännetty L-puudutus.

26-5). Tähän ja sen ventraalipuolelle injisoidaan 20 ml lidokaiinia, jolloin hermorunko saadaan todennäköisesti puudutettua. Neulan tulee olla pituudeltaan n. 10 cm ja ainakin 18 G:n paksuinen, ettei se taipuisi. Selkärangan viereisten lihasten paralyysi puudutuksen onnistuessa näkyy selän lievästä skoliosista käsitellyllä puolella. Kylkiluun alueen analgesia on todettavissa 10 minuutissa ja kestää n. 1,5 tuntia. Monet lehmät kokevat selkäranka-alueen pistelyn kivuliaana ja tuovat sen selvästi esille kipakoina potkuina. Tähän on syytä varautua.

Vetimen puudutus

Vedinhaavat, isot sylylät ja vetimen amputointi ovat indikaatioita vetimen puudutukselle, joka voidaan tehdä paikallisena infiltraationa, käännetyn V:n muotoisesti, rengas- tai laskimopuudutuksena. Käytetään mitä puudutustapaa hyvänsä, eläimen rauhoitus ja mahdolliset pakkokeinot puudutuksen aikana pitävät eläimen liikumatta. Puudutus ja kirurgiset toimenpiteet voidaan silloin tehdä olosuhteet huomioon ottaen aseptisesti. Puudutukseen käytettävän neulan paksuudeksi suositellaan 22–23 G:tä.

Infiltraatiopuudutus on käyttökelpoinen, mutta etenkin ruuhkeissa vedinhaavoissa puudutusaineen ruiskuttaminen voi lisätä kudonvaurioita ja vaikeuttaa haavan paranemista. **Käännetyssä V-puudutuksessa** säilytetään tietty etäisyys haava-alueeseen (kuva 26-6).



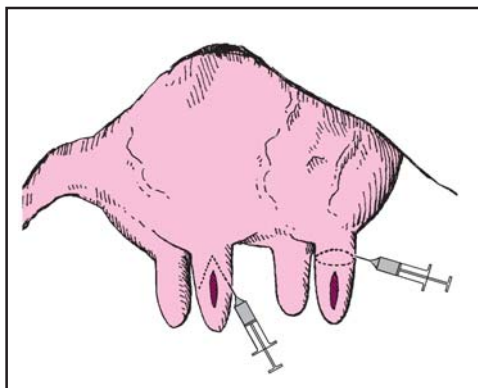
Kuva 26-5. Paravertebraalipuudutus.

Rengaspuudutus vetimen juureen saa aikaan analgesian koko nännin alueelle (kuva 26-6). Tiukka kiristysside aivan nännin juuressa estää puudutusaineen hukkaantumista utareen puolelle tai laskimo-alueelle. Rengasmaisesti ruiskutettu 5–10 ml 2 % lidokaiinia saadaan leviämään tasaisesti hieromalla vedintä, jolloin 5 minuutin kuluttua voidaan operoida. Aina ei vetimen muoto valitettavasti salli kiristyssiteen asettamista.

Laskimopuudutus kiristyssiteen alapuolelle mihin tahansa näkyvään laskimoon saa aikaan rengaspuudutusta vastaavan analgesian.

Anestesia sonnin kastraatiossa

Potilaan rauhoituksen jälkeen kivespussi puhdistetaan. Ensin puudutetaan viiltolinjat; tartutaan kivekseen, vedetään kivespussin iho kireälle sen ympärille ja ruiskutetaan 5 ml 2 % lidokaiinia nahan alle. 18 G:n neulalla puudutetaan kives. Pisto suoritetaan yläviihosta lisäkiveksen alapuolelle ja neula työnnetään kiveksen keskelle. N. 200 kg:n sonnin testikseen injisoidaan 10–15 ml lidokaiinia. Ylisuuria annoksia on vältettävä, koska puudutusaine imeytyy nopeasti siemennuoran imusuonistoa pitkin joutuen verenkiertoon. Vasikoiden kastointi Burdizzo-pihdeillä puristamalla edellyttää eläinsuojelullisista syistä myös puudutusta. Rauhoitetun vasikan kivespussin kaulaosaan puristusalueelle infilt-



Kuva 26-6. Käännetty V-puudutus ja rengaspuudutus.

roidaan puudutusainetta unohtamatta myöskään siemennuoria.

Epiduraalipuudutus

Epiduraalipuudutuksessa ruiskutetaan puudutusainetta selkäytimen kalvotupen (*dura mater spinalis*) ulkopuolelle (ekstraduraalitilaan), jolloin selkäytimestä ulos tulevat hermoradat puutuvat. Ensin lamaantuvat kaudaalisimmat tuntohermot ja sen jälkeen motoristen hermojen paralyysi veltostuttaa takaruumiin lihaksistoa. Injektiokohdat on esitetty kuvassa 27-1.

Matala (eli kaudaalinen) epiduraalipuudutus. Obstetriset tai kirurgiset toimenpiteet *rektumin, anuksen, vaginan, vulvan, perineumin* tai hännän alueella ovat matalalle epiduraalianesterialle sopivia kohteita. Injektiopaikka on ristiluun ja ensimmäisen häntänikaman tai kahden ensimmäisen häntänikaman välinen rako (kuva 27-1). Viimeksimainittu on helpompaa. Ristiluun ja häntänikaman välissä saattaa vanhemmilla lehmillä olla luutumia. Hännän juurta kohottelemalla rakojen kohdalla olevat kuopat tunnustellaan. Karvojen leikkaus, alueen pesu ja desinfiointi sekä puhtaudesta huolehtiminen injektion aikana ovat tärkeitä infektioiden (epiduraaliabskessi) estämiseksi. Tulehdus voi aiheuttaa hännän pysyvän paralyysin.

18 G:n neula pistetään raon takaosaan keskilinjaan ja suunnataan hieman ventrokraniaalisesti. Neulan kärjen lävistettyä ihon, rasvan ja sitkeän ligamentin pisto pysäytetään runsaan 2 cm:n syvyyteen. Neulan kärki liikkuu silloin vapaasti joka suuntaan. Tarvitavat annokset 2 % lidokaiinia ovat lehmälle 5–6 ml koosta riippuen, isolle sonnille 8–12 ml ja vasikalle 1–3 ml. Takaraajoihin nämä annokset eivät vaikuta, ja potilas pysyy pystyssä.

Annosta suurennettaessa puudutusaineen vaikutus ulottuu *n. ischiadicuksen* lähtöalueelle, jolloin takaraajojen kontrolli häviää ja eläin kaatuu. Pahojen loukkaantumisten välttämiseksi puudutuksen takia nurin menneen lehmän takajalat on syytä sitoa kintereiden yläpuolelta yhteen, kun-

nes tunto häntään alkaa palata. Vasta siten potilas päästetään ylös.

Veren tulo neulasta kertoo neulan kärjen raapaiseen kanavan pohjalla olevia suonia. Laskimot kulkevat lateraalisesti keskiviivan kummallakin puolella. Neulaa vedetään takaisin n. 1 cm ennen puudutusaineen injektiota. Verenvuoto ei sinänsä ole vaarallinen. Häntä veltostuu puudutuksen onnistuessa 2 minuutissa, mutta vaikutus on täydellinen koko alueella vasta 10–20 minuutin kuluttua. Puudutusvaikutuksen kesto on 60–90 minuuttia.

Poikimisesta johtuvien ponnistusten vuoksi makaava eläin saattaa nousta epiduraalipuudutuksen jälkeen ylös, jolloin synnytysapu helpottuu. Poltteista johtuva tahriva ulostaminen myös vähenee tai loppuu. Puudutusaine jakaantuu tasaisesti vasemman- ja oikeanpuoleisiin hermohaaroihin, kun selkäranka on injektioon aikana suoraan ylöspäin. Makaavan lehmän takaraajojen veto suoraan taaksepäin takaa oikean asennon. Sektioon ryhdyttyessä epiduraalianestesia kannattaa sisällyttää leikkauksen rutiinivalmisteluihin. Leikkaushaavasta helposti poltteiden myötä ulos tunkevat suolet ja pötsi pysyvät paremmin sisällä, kun työnöt loppuvat. Muita epiduraalianestesian indikaatioita ovat kohtu- ja vaginaprolapsi, jälkipolteet jne.

Detomidiinia ja ksylatsiinia on kokeiltu myös epiduraalipuudutuksessa joko yhdistettynä lidokaiiniin tai yksin. Annostasot vastasivat normaaleja rauhoitusannoksia.

Raajojen puudutus

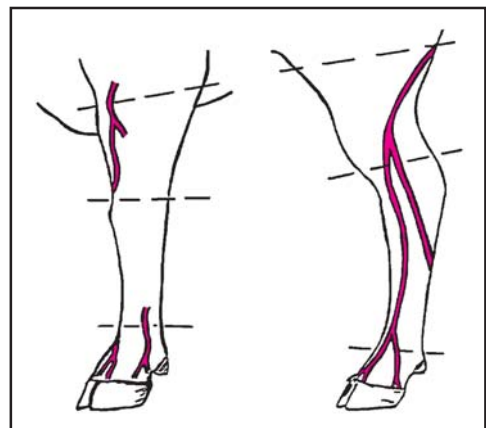
Potilaan täydellistä liikkumattomuutta vaativissa jalkaoperaatioissa on käytettävä yleisanestesiaa. Hankalat johtopuudutukset raajojen hermoratoihin voidaan korvata **laskimopuudutuksella**. Se on turvallisin ja tehokas tapa saada aikaan analgesia distaalisille alueille.

Eturaajaa puudutettaessa käytetään 0,5–1 cm kumiletkusta tehtyä kiristyssidetä. Sen kiristyskohtaa voidaan vaihdella tilanteen ja operaatioalueen paikan mukaisesti (kuva 26-7). Siteen puolella pullistuvista laskimoista valitaan sopiva ja sen päältä

ajetaan injektiokohdasta karvat. Mediaalipuolella raajaa kulkee näkyvissä *v. radialis*. Dorsaalipuolella injektiopaikkana voi olla *vv. digitales dorsales* ja plantaarisesti *vv. digitales plantares*. 20 ml 2 % **lidokaiinia** injisoidaan 20 G:n neulalla laskimoon. Neula voidaan suunnata suonessa proksimaalisesti tai distaalisesti mahdollisimman lähelle operaatioaluetta. Hematooman synnyn estämiseksi pistokohtaa hierotaan injektioon jälkeen.

Takaraajassa käyttökelpoisia laskimoita ovat lateraalisesti raajassa selvästi staattuna näkyvä *v. saphena* ja varsinkin sen kraniaalinen haara. Distaalisemmin löytyvät *vv. digitales dorsales et plantares* (kuva 26-7). Pelkkä kuminen kiristysside ei riitä staasin kiristämiseen kintereen yläpuolelle. Raajojen lateraalipuolella *os calcaneuksen* ja akillesjänteen väliseen kuoppaan tarvitaan siteen alle n. 10 cm paksu toppaus esim. sideharsosta tai ideaalisiteestä, jotta syvällä kulkeva *v. saphena* puristuisi kunolla.

Puudutusaineen levitessä kudoksiin laskimopuudutuksen jälkeen vaikutus kohdistuu lähinnä pieniin hermohaaroihin ja -päätteisiin eikä suuriin hermorunkoihin. Odotusaika injektioon jälkeen on 5–10 minuuttia ennen kuin tulos voidaan arvioida. Vaikka puudutus on suoritettu asianmukaisesti, puutumisen on epätyydyttävä n. 7 % tapauksista. Huonoimmin puutuu sorkka-



Kuva 26-7. Vaihtoehtoja kiristyssiteen paikalle raajoissa.

väli. Tilanne korjataan injisoimalla **lidokaiinia** nahan alle keskilinjaan vuohisnivelen etu- ja takapuolelle. Lisäpuudutus on paikallaan varsinkin sorkan amputoinnissa. Kiristysiteen poiston jälkeen ei aiheudu äkillistä lidokaiinin leviämistä verenkiertoon, koska puudutusaine on tasaisesti kudoksissa.

Naudan yleisanestesia

Käytännön praktiikassa aikuista nautaa harvoin nukutetaan. Suuremmat kirurgiset toimenpiteet pään, kaulan, rintakehän ja raajojen alueella saattavat kuitenkin jäädä tekemättä, jos potilas ei pysy paikallaan. Yleisanestesia on toteutettavissa kenttäolosuhteissakin. Naudan anatomiset ja fysiologiset erikoisominaisuudet on huomioitava ja on osattava varautua komplikaatioihin, jotka märehitjille ovat tyyppisiä.

Lehmä on ruumiinmuodoltaan tynnyrimäinen verrattuna esim. hevoseen ja koiraan, jotka ovat kyljiltään litteähköjä. Kun potilas nukutettuna asetetaan kyljelleen, maha pullistuu ylöspäin ja vatsaontelon tilavuus pienenee. Paine palleaan kasvaa ja hengitys vaikeutuu. Pötsifermentaation seurauksena muodostuu kaasua, joka ei poistu helposti kylkiasennossa, ja syntyy tympania. Kevyessä anestesiassa aktiivinen, mutta kontrolloimaton mekanismi tuo pötsin sisältöä nieluun. On sattumanvaraista, toimiiko aspiraation aktiivinen ehkäisymekanismi esim. nielun sulkeutuminen, yskiminen jne. Hypoksian kehittyessä eläin joutuu ehkä vetämään henkeä tavallista syvempään, ja suojaus pettää. Nielussa olevaa mahojen sisältöä joutuu keuhkoihin. Syvässä nukutuksessa ruokatorven lihaksisto on velto ja makaavalla eläimellä mahoihin kohdistuva paine työntää juoksevaa sisältöä ylös. Regurgitaatio on passiivista, eivätkä suojarahrefleksit toimi.

Naudan yleisanestesiassa muistettavaa

Vena jugulariksen kanylointi on välttämätön, koska kesken leikkauksen potilas voi herätä, ja anestesian jatkaminen on tarpeen. Passiivisen regurgitaation välttä-

miseksi kylkiasennossa kaula tuetaan niin, että pötsin *cardia* on alempana kuin nielun seutu. Turpa jätetään roikkumaan alas päin, jolloin sylki valuu ulos (kuva 26-8). Pötsin fermentaation vähentämiseksi suositellaan n. 18 tunnin paastoa. Veden antoa vältetään viimeisen 6 tunnin aikana.

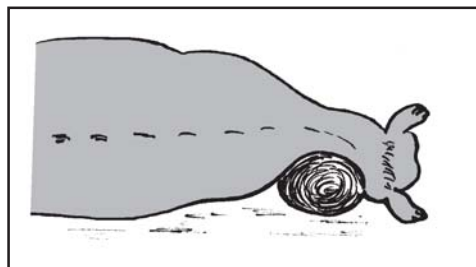
Intubointi on varmin aspiraation estäjä. Aikuiselle naudalle 25 mm:n endotrakeaaliputki on sopiva. Nieluletku pötsiin työnnettynä estää tympaniaa. Trakeotuubi poistetaan vasta, kun alaleuka alkaa herätessä kunnolla liikkua. Suussa oleva pötsin sisältö kaavitaan ensin pois.

Anestesian aikana on alustaa vasten olevaa silmää suojeltava. Avoin silmä ei saa joutua tekemisiin pötsinsisällön kanssa eikä naarmuuntua. *Radialis*paralyysi syntyy painon kohdistuessa kylkiasennossa olkanivelen seutuun. Ennen kaatoa voidaan alueelle sitoa ilmaa täynnä oleva auton sisärengas estämään painevaurioita kauan kestävän nukutuksen ajaksi.

Lääkeaineita

Tiobarbituraatteja voidaan käyttää 1,2 g/100 kg i.v. Jos esilääkityksenä käytetään **ksylatsiinia**, annokseksi riittää 1,0 g/100 kg. Perivaskulaarista injeksiota on varottava ärsyttävyyden vuoksi, ja kaulalaskimon kanylointi on tarpeen. Vaikka pieniä annoksia lisäämällä anestesian pituutta voidaan jatkaa, on suositeltavaa rajoittaa sen kesto 30 minuuttiin.

Ketamiini (Ketalar®, Ketamine®, Ketaminol® vet) voidaan yhdistää **ksylatsiiniin**, jota annetaan esilääkityksenä 0,1 mg/kg i.v. Ketamiini annetaan välittömästi myös suoneen ja annos on 2 mg/kg. Anestesia on



Kuva 26-8. Oikea kaulan tukeminen

kestoltaan lyhyempi, jos injektiot annetaan esim. 10 minuutin välein.

Guaifenesiini (eli **glyseryyliguajakolaatti**, Myolaxin®) on hevosille yleisesti käytetty lihasrelaksantti. Lehmän kaatoon sitä voidaan käyttää annoksella 100 mg/kg i.v. Yliannos aiheuttaa hypoksiaa ja verenpaineen laskua. Analgesiaa ei synny, joten varsinainen anestesia tai jokin puudutusmuoto on välttämätön kivuliaissa hoitotilanteissa. Anestesiaan sopii esim. **ketamiini** 1 mg/kg.

Vasikan yleisanestesia

Vasikan nukutusta tarvitaan esim. napatyreleikkauksessa. Kiinteätä ravintoa ei tulisi antaa useampaan tuntiin ennen leikkausta ja juotostakin tulisi olla kulunut vähintään tunti. **Ksylatsiinia** ja paikallispuudutusta käytetään yleisesti, mutta vasikka tavallisesti vilkastuu liian aikaisin ja aseptiikka kärsii potilaan potkiskellessa. **Metadonin** lisäys parantaa analgesiaa ja antaa leikkaajalle enemmän työrauhaa. Ksylatsiinia 0,2 mg/kg ja metadonia 0,07 mg/kg laskimoon on sopiva alkuannos. Paikallispuudutus on tarpeen ompeluvaiheen työ-

rauhan turvaamiseksi. **Detomidiini** annoksella 20 µg/kg ja **ketamiini** 0,5–1,0 mg/kg on myös käyttökelpoinen yhdistelmä. Regurgitaation vaara on muistettava ja pidettävä huoli siitä, että pötsinsisällön liäksi myös sylki valuu nielua alempana olevan suun kautta ulos.

Villiintynyt nauta

Villiintyneen hiehon tai lehmän kiinniotto voi olla hyvinkin hankalaa. Kaukoinjektio-laitteita voi käyttää, mutta niiden käyttö vaatii harjaantuneisuutta. Niiden käsitelyä on selvitelty luvussa 32. Nauta voidaan sedatoida pyydystettävään kuntoon **ksylatsiini**annoksella 0,4–1,0 mg/kg. Tavallisesti tarvitaan suurin annos, ja vauhkoon-tuneelle eläimelle sekään ei ehkä riitä. Ongelmana on tavallisten valmisteiden laimeus, jolloin tarvitaan useampi injektio-nuoli. Erikoisluvalla on saatavissa kiteinen muoto, josta voidaan valmistaa konsent-roitu tehohanos.

Koulutetut paimenkoirat (esim. border-collie) toimivat avoimessa maastossa tehokkaasti. Se on kokeilemisen arvoinen vaihtoehto. Tiheiköissä työ ei onnistu.

27. Lampaan ja vuohen anestesia

Marja Raekallio

Kenttäolosuhteissa tavallisimpia syitä LAMPAAN ja VUOHEN anestesiaan lienevät keisarileikkaus ja kastraatio. Kliinisessä työssä inhalaatioanestesia ei useinkaan ole mahdollinen, koska tarvittavaa laitteistoa ei ole käytettävissä. Monet toimenpiteet onkin perinteisesti tehty rauhoituksen ja puudutusten avulla. Jos pieniä märehittäjiä pidetään lemmikkeinä, niille ollaan toisinaan halukkaita tekemään vaativiakin toimenpiteitä. Lisääntynyt käyttö koe-eläiminä on myös lisännyt sopivien anestesiamuotojen tarvetta.

Esivalmistelut

Tympanian ehkäisemiseksi 12–24 tunnin paastoa suositellaan ennen rauhoitusta tai anestesiaa. Vettä on oltava vapaasti saatavilla. Jos eläintä ei ole paastotettu, voi pössiin laittaa letkun pitkän makuulla olon ajaksi. Intubointi vähentää aspiraation vaaraa. Paastoa ei suositella uuhille tiineyden viimeisen kolmanneksen aikana keutoosivaaran vuoksi. Alle 1 kk ikäisiä karitsoita tai kilejä ei kannata paastottaa yli 2–4 tuntia.

Esilääkitys ja rauhoitus

Atropiinin (Atropin®) suositusannos märehittäjille on 0,02–0,04 mg/kg i.v. tai 0,04–0,1 mg/kg i.m., s.c. ja **glykopyrrolonin** (Glycostigmin®, Robinul®) 0,0025–0,005 mg/kg i.v. (vuohelle jopa 0,01 mg/kg i.v.) tai 0,005–0,01 mg/kg i.m., s.c. Vaikutusaika on suhteellisen lyhyt ja tarvittava annos salivaation estämiseksi on iso, mikä voi johtaa sinustakykardiaan. Siksi antikolinergejä ei suositella käytettäväksi märehittäjillä rutiinisti esilääkkeenä. Niitä voi tarvittaessa antaa esim. estämään α_2 -agonistien aiheuttamaa bradykardiaa.

Ksylatsiini (Narcoxyll® vet, Rompun® vet) on yleisimmin käytetty rauhoitusaine. Märehittäjät ovat erittäin herkkiä ksylatsiinille, ja annokset ovat pieniä: 0,02–0,1 mg/kg i.v. tai lampaalle 0,05–0,4 mg/kg ja vuohelle <0,1 mg/kg i.m. Kileille suositellaan 0,025 mg/kg i.m. Jotta pienet tilavuudet voisi mitata riittävä tarkasti, kannattaa ksylatsiini laimentaa suolaliuokseen. Sedatiivinen vaikutus alkaa 2–5 minuutin kuluttua suonensisäisestä tai noin 10 minuutin kuluttua lihaksensisäisestä annostelusta ja sen kesto-aika on annoksesta riippuen noin 30–90 minuuttia. Suurilla annoksilla eläin voi maata monta tuntia.

Detomidiinin (Domosedan®) annos on 10–30 μ g/kg ja **romifidiinin** (Sedivet®) 50 μ g/kg i.v. tai i.m.

Medetomidiinia (Domitor®) on yleensä annettu LAMPAILLE ja VUOHILLE 15–40 μ g/kg i.m. (tai i.v.) Jo 15 μ g/kg i.m. aiheuttaa syvän sedaation, jossa eläimet makaavat kyljellään. Annoksella 5 μ g/kg i.v. tai i.m. monet VUOHET pyrkivät makuulle, mutta pystyvät usein tarvittaessa seisomaan.

α_2 -Agonistien vaikutus voidaan kumota **atipametsolilla** (Antisedan®). Annos on 10–200 μ g/kg i.m./s.c. tai hitaasti i.v. käytetystä aineesta ja sen määrästä sekä antamisesta kuluneesta ajasta riippuen.

Asepromatsiini (Plegicil®) soveltuu myös pienten märehittäjien rauhoittamiseen. Annos on 0,02–0,08 mg/kg i.v. tai 0,05–0,1 mg/kg i.m.

Diatsepaamia (Diapam®, Stesolid®) voi antaa 0,2–0,5 mg/kg hitaasti i.v.

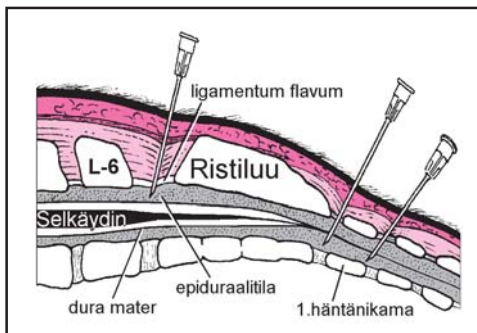
Midatsolaamin (Dormicum®, Midazolam®) annos on märehittäjille 0,4–1,3 mg/kg i.v. tai i.m. VUOHIN sedatoituu, mutta pysyy usein pystyssä annoksella 0,4–0,6 mg/kg i.m., menee makuulle annoksella 0,6 mg/kg i.v., ja 1,0 mg/kg i.v. aiheuttaa syvän sedaation.

Paikallispuudutukset

Yleisimmin käytetyt paikallispuudutuksen muodot pienillä märehitijöillä ovat infiltraatiopuudutus, epiduraalipuudutus sekä vuohella johtopuudutus sarven poistoa varten. Aikuisella lampaalla tai vuohella puudutteen (2 % lidokaiini) kokonaismäärä ei saisi ylittää 10 ml.

Infiltraatiopuudutusta käytetään puuduttamaan iho ja nahanalainen kudος esim. laparotomiaviiltoa varten. Teknisesti se tehdään samalla tavalla kuin naudalla.

Epiduraalipuudutusta käytetään keisarileikkauksessa sekä utareen ja perineaalialueen toimenpiteissä. **Anteriorinen** epiduraalipuudutus soveltuu keisarileikkaukseen. Se tehdään injisoimalla aseptisesti 2 % lidokaiinia 2–3 ml/10 kg (subaraknoidaalitilaan 0,3–1 ml/10 kg) 18–20 G:n spinaalineulalla keskiviivaan kohtisuoraan viimeisen lannenikaman ja ristiluun väliin (kuva 27-1). Vaikutus alkaa 2–10 minuutissa ja kestää 2 tuntia. Komplikaatioina voivat olla meningiitti ja pareesi. Myös opioideja ja α_2 -agonisteja voi käyttää epiduraalisesti tai subaraknoidaalisesti. **Kaudaalinen** epiduraalipuudutus soveltuu perineaalialueen operaatioihin. Lidokaiinia (2 %) injisoidaan 20 G:n spinaalineulalla joko viimeisen sakraali- ja ensimmäisen häntänikaman tai kahden ensimmäisen häntänikaman väliin (kuva 27-1) kokonaisannoksella 1–2 ml. Analgesia kestää 1–2 tuntia. Komplikaatiovaara on vähäinen aseptisesti työskennellessä.

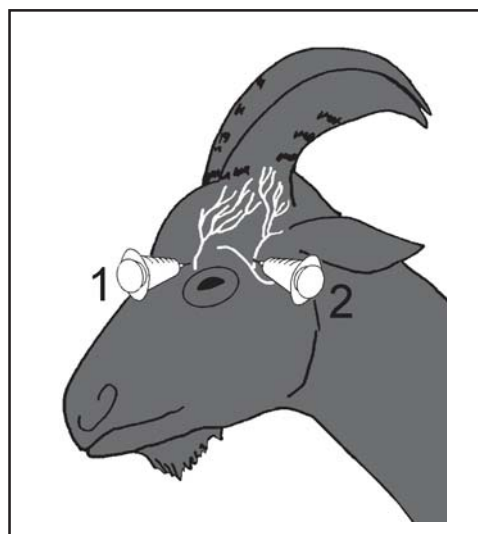


Kuva 27-1. Epiduraalipuudutuskohdat vuohella ja lampaalla. Naudalla käytetään lähinnä ristiluun kaudaalipuolella olevia pistokohtia.

Sarven poistoa varten VUOHI rauhoitetaan, ja puudutetaan sitten *n. zygomatico-temporalis*- (eli *n. lacrimalis*) ja *n. infratrochlearis*-haarat. Puudutteenä käytetään 2 % lidokaiinia 1–2 ml (kannattaa laimentaa). *N. zygomaticotemporaliksen* sarvenpuoleisen haaran puudutuskohta on silmän lateraalnurkan ja sarven puolella välissä *processus supraorbitaliksen* kaudaalireunan kohdalla noin 1 cm syvyydessä. *N. infratrochleariksen* sarvenpuoleinen haara puudutetaan silmän mediaalinurkan ja sarven puoliväliin *orbitasta* dorsomediaalisesti (kuva 27-2).

Yleisanestesia

Jos pötsi täyttyy fermentaatiokaasulla nukutuksen aikana, se voidaan letkuttaa tai kaasut päästetään ulos vasempaan nälkäkuoppaan pistetyn neulan kautta. Pää tuetaan siten, että nielu on koholla, jotta sylki ja mahdollinen pötsin sisältö pääsisivät valumaan helposti suusta ulos. Lampaista ja vuohia ei pidä makuuttaa selälleen, ellei se ole välttämätöntä operaation kannalta, sillä selkäasento huonontaa entisestään verenkiertoa ja hengitystä pötsin painaessa palleaa ja suuria verisuonia.



Kuva 27-2. Puudutukset vuohen sarvea poistettaessa: 1 = *n. intratrochleariksen* ja 2 = *n. lacrimaliksen* puudutuskohdat.

Injisoitavat anesteetit

Tiopentaalinatriumia (Pentothal Natrium®) annetaan LAMPAILLE ja VUOHILLE 6–20 mg/kg i.v. esilääkityksestä riippuen ja vastetta seuraten. Vaikutus on melko lyhytkestoinen (10–15 min), joten se sopii pieniin kirurgisiin toimenpiteisiin ja inhalaatioanestesian induktioon. Lisäannosten antamista ei suositella, sillä ne lamaavat voimakkaasti hengitystä ja pidentävät heräämisaikaa.

Propofolin (Rapinivet® vet) puoliintumisaika on lampailla lyhyt ja vuohilla vielä lyhyempi. LAMPAILLE 4–7 mg/kg riittää anestesian induktioon, VUOHILLE on käytetty 4–5 mg/kg, jos esilääkitystä ei ole annettu. Lampaan anestesia kestää 4–12 min, kun se on saanut 6 mg/kg. Esilääkityksenä voi käyttää esim. **asepromatsiinia** tai **α_2 -agonistia**, jolloin 3–4 mg/kg propofolia saattaa riittää. Propofoli annetaan hitaana i.v. ruiskeena 20–60 sekunnin aikana vastetta seuraten. Induktion jälkeen anestesiaa voidaan jatkaa inhalaatioanesteeteilla, propofoli-infuusiolla (0,4–0,5 mg/kg/min) tai toistuvilla injektioilla tarvittaessa (esim. 2 mg/kg).

Ketamiini (Ketalar®, Ketamine®, Ketaminol® vet) voi aiheuttaa yksinään käytettynä kiihtymystilan. Analgesia on kohtalainen, mutta spontaaneja lihasliikkeitä voi olla. Kurkunpään ja nielun refleksit säilyvät, joten aspiraation vaara on pieni. Ketamiini stimuloi sydäntä aiheuttaen takykardiaa, mutta ei sanottavasti muuta hengitysfrekvenssiä. Ketamiini tulee aina yhdistää **seda-tiiviin**, joka parantaa sekä analgesiaa että lihasrelaksaatiota.

Ksylatsiinia annetaan 0,02–0,1 i.v. mg/kg tai 0,05–0,2 mg/kg i.m. ja 10–15 min kuluttua **ketamiinia** 2–7 mg/kg i.v. tai 5–15 mg/kg i.m. riippuen ksylatsiinin annoksesta.

Medetomidinin ja **ketamiinin** yhdistelmän sydänvaikutukset ovat melko vähäiset, mutta hypoksia on yleensä huomattava ja takypneaa esiintyy. LAMPAILLE medetomidinia annetaan 10–20 μ g/kg i.v. tai 30 μ g/kg i.m. ja ketamiinia 0,5–2 mg/kg i.v. tai 1–3 mg/kg i.m. (nuorille hieman vähemmän kuin täysikasvuisille). VUOHILLE 10–15 μ g/kg medetomidinia ja 1–2 mg/kg keta-

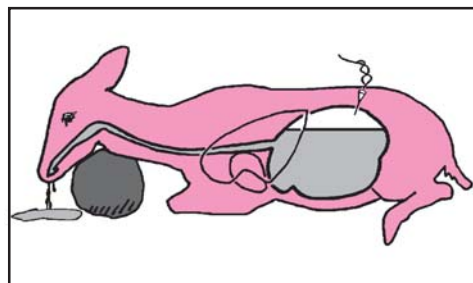
miinia i.m. on usein riittävä annos. Aineet voidaan antaa samanaikaisesti. Anestesian kesto aika on 30–50 minuuttia. Vaikutusaikaa voidaan pidentää antamalla puolet alkuperäisannoksesta joko i.m. tai i.v.

Diatsepaamia (0,1–0,4 mg/kg i.v.) voidaan myös käyttää **ketamiinin** (2–7 mg/kg i.v.) esilääkkeenä.

Midatsolaami (0,4 mg/kg i.m.) ja **ketamiini** (4 mg/kg i.m.) saavat vuohelle aikaan syvän sedaation tai kevyen kirurgisen anestesian, jota voi tarvittaessa jatkaa antamalla puolet alkuperäisestä annoksesta.

Inhalaatioanestesia

Anesteettina voidaan käyttää **halotaania** (Halothane®) tai **isofluraania** (Forene®, Iso-ba® vet, Isoflo® vet, Isofluran®), jotka voi myös yhdistää **typpioksiduuliin** (N₂O+O₂; 1+1). Hengityskatkoksia voi ilmetä, joten on varauduttava tekohengitykseen. Anestesia voidaan indusoida maskilla tai esim. **ketamiinilla**, **tiopentaalilla** tai **propofolilla** samoilla annoksilla, joita käytetään kevyen kirurgisen anestesian induktioon. Intubointi on hieman hankalaa nielun muodosta johtuen, mutta se on mahdollista pitkän, käyrän laryngoskoopin avulla. Puudutusainesprayn (Xylocain®) ruiskuttaminen kurkunpään vähentää spasmia ja helpottaa intubointia.



Kuva 27-3. MÄREHTIJÄN oikea asento: Märehtijä on asetettu rinnan päälle makaamaan, vasen kylki esillä. Sieraimet pidetään alempana kuin kurkunpää; syljen ja pötsin sisällön aspiraation vaara vähenee. Kuva osoittaa mihin pötsikanyyli sijoitetaan, jos puhaltumisen taso on vakava.

Herääminen

Syvän sedaation tai yleisanestesian jälkeen pienet märehitjät tuetaan makaamaan rin-

ta-asentoon siten, että regurgitaation vaara vähenee ja että ne pystyvät mahdollisimman pian röyhtäilemään (⇒kuva 27-3).

28. Kaniinin ja jyrsijöiden anestesia

Timo Soveri

Esi valmistelut

Ennen anestesiaa on aina tutkittava potilaan yleiskunto. Anesteetin valinta ja annostelu riippuvat eläimen kunnosta. Esim. kroonisen hammasvian takia laihtuneelle, huonokuntoiselle MARSULLE riittää 20–40 % vastaavan painoisen, hyväkuntoisen marsun anestesia-annoksesta. Potilas on nesteytettävä ja tarvittavat hoitotoimenpiteet on tehtävä ennen nukutusta.

Kaniinin ja jyrsijöiden aineenvaihdunta on huomattavan nopeaa. Tästä syystä ei leikkausta edeltävää paastoa useinkaan pidetä, vaan eläimet saavat syödä ja juoda vapaasti toimenpiteeseen saakka. Toisaalta on esitetty, että paastoamattomilla eläimillä saattaa anesteetin annosvaste vaihdella enemmän kuin paastotetuilla. Jos eläin laitetaan paastolle, on se lyhyt: 1–2 tuntia PIENILLE JYRSIJÖILLE ja 4–6 tuntia KANIINILLE, MARSULLE ja CHINCHILLALLE.

Potilas on aina punnittava ja annokset on laskettava tarkasti punnitun painon mukaan. Taarattava, 1 g:n tarkkuudella toimiva vaaka ja pieni laatikko ovat näppä-

riä apuvälineitä pienimpien eläinten punnitsemisessa. On otettava huomioon, että varsinkin KANIINI ja CHINCHILLA stressaantuvat helposti asiantuntemattomasta käsittelystä. Ne kannattaakin rauhoittaa tutussa ympäristössä, jos siihen vain on mahdollisuus.

Anestesian aikana kaniini ja jyrsijät menettävät lämpöä etenkin korvien, jalkapohjien ja hännän paljaan ihon kautta. Kirurgisissa toimenpiteissä lämpöä karkaa myös elimistön nesteiden haihtuessa. Useat anesteetit aiheuttavat lämmönsäätelykyvyn menetyksen. Pienillä eläimillä, joilla ulkopinta on massaan nähden suuri, lämmönhukkaa syntyy helposti ja se on erittäin haitallista. Ruumiinlämmön laskiessa anesteettien metabolia ja erittyminen munuaisten kautta hidastuvat, ja toipumisaika pitenee. HIIREN ruumiinlämpö voi laskea 10 °C 15 minuutissa, ROTALLA lasku on luokkaa 10 °C 45 minuutissa, ellei lämmönhukkaa minimoida. Varsinyksinkertaisetkin toimenpiteet vähentävät lämmönhukkaa huomattavasti (taulukko 28-1).

Taulukko 28-1. Hypotermian vähentämiseen tähtäviä toimenpiteitä.

- Älä aja karvoja tarpeettoman laajalta alueelta.
- Älä "uita" eläintä nopeasti haihtuvissa desinfektioaineissa (eristyskyky menetetään ja haihtuminen sitoo lämpöä). Käytä ihon pesuun ja desinfectioon pientä määrää lämmitettyä liuosta.
- Eristä potilas alustasta esim. styrox-levyllä ja/tai kääri potilaan ympärille pakkaamiseen käytettävää kuplamuovia tai foliota.
- Tarjoa lisälämpöä lampulla, lämpötyynyllä tai -pullolla. Lisälämmön lähteen tulisi olla 2–3 astetta ruumiinlämpöä korkeampi. On syytä käyttää lämpömittaria. Infusionesteet on myös lämmitettävä.
- Minimoi toimenpideaika valmistautumalla huolellisesti, varaamalla esille kaikki tarvittavat välineet ja käyttämällä tarkoitukseen sopivaa, mahdollisimman lyhytvaikutteista anesteettia.
- Tarjoa lisälämpöä toipumisen aikana. Sopiva keino on asettaa 60–100 W:n lamppu 25–30 cm:n korkeudelle. Varsinaisia lämpölamppuja käytettäessä saatetaan aiheuttaa palovammoja.
- Veto tulee minimoida kaikissa vaiheissa.

Taulukko 28-2. Kipulääkitys-, rauhoitus- ja nukutusvaihtoehtoja: KANIINI.**ANALGESIA**

- **Asetyylisalisyylihappo** (Aspirin®) 100 mg/kg p.o. 4 tunnin välein
- **Buprenorfiini** (Temgesic®) 0,02–0,05 mg/kg s.c., i.v., i.p. 6–12 tunnin välein
- **Fluniksiinimeglumiini** 1–2 mg/kg s.c. 12–24 tunnin välein
- **Karprofeeni** 2,2 mg/kg p.o. 12 tunnin välein
- **Ketoprofeeni** 1 mg/kg i.m. 12–24 tunnin välein
- **Morfiini** 2–5 mg/kg s.c., i.m. 2–4 tunnin välein

SEDAATIO tai IMMOBILISAATIO

- **Medetomidiini** (Domitor®) 250 µg/kg i.m.
- **Ksylatsiini** 4 mg/kg + **ketamiini** 15–25 mg/kg i.m.
- **Fentanyl-fluanisoni** 0,05–0,1 ml/kg s.c., i.m.
- **Fentanyl-droperidoli** 0,2–0,5 ml/kg s.c.

ANESTESIA

- **Medetomidiini** 500 µg/kg s.c. + **ketamiini** 25 mg/kg i.m.
- **Medetomidiini** 350 µg/kg i.m. + 10 min kuluttua **ketamiini** 5 mg/kg i.v.
- **Medetomidiini** 300 µg/kg s.c. + **ketamiini** 20 mg/kg i.m. + **diatsepaami** 0,75–1,5 mg/kg s.c.
- **Medetomidiini** 350 µg/kg i.m. + 10 min kuluttua **propofoli** 3 mg/kg i.v.
- **Ksylatsiini** 5 mg/kg + **ketamiini** 30–50 mg/kg i.m. (yli 3 kg:n osalle lasketaan noin puolet em. suosituksesta).
- **Ksylatsiini** 3 mg/kg i.v. + 10 min kuluttua **ketamiini** 10 mg/kg i.v.
- **Fentanyl-fluanisoni** 0,3 ml/kg s.c. + **diatsepaami** tai **midatsolaami** 1 mg/kg i.v.
- **Fentanyl-droperidoli** 1 ml/kg s.c. + 15 min kuluttua **diatsepaami** 0,2 ml/kg i.v.
- **Midatsolaami** 2 mg/kg i.p., i.m., i.v. + 5 min kuluttua **fentanyl-fluanisoni** 0,3 ml/kg i.m.
- **Propofoli** 7,5–15 mg/kg i.v.
- **Propofoli** 2–3 mg/kg i.v. sedaation jälkeen. Ylläpitoon n. 1 mg/kg i.v. joka 15. minuutti

Anesteettien antotavat

Inhalaatioanestesia voidaan indusoida maskilla tai erityisellä anestesiakammiolla. Kammioiduktio vaatii vain lyhytaikaista eläimen käsittelyä ja on sen vuoksi suositeltavampi tapa. KANIINILLE ei suositella anestesian indusointia suoraan inhalaatioanesteeteilla, koska se rimpuilee voimakkaasti induktion aikana. Kaniini kantaa nukuttaa injektiona annettavilla sedatiiveilla ja anesteeteilla. Tarvittaessa anestesiaa voi syventää maskia käyttäen inhalaatioanesteeteilla.

KANIININ JA JYRSIJÖIDEN **intubointi** on hankalaa niiden pienen koon, ahtaan suuaukon ja suhteellisen syvällä sijaitsevan kurkunpään takia. Intubaatio vaatii erikoisinstrumentteja ja -intubaatiotubeja. Laitteiston vastuksen ja kuolleen tilan saaminen riittävän pieneksi onnistuu yleensä vain suurimmilla lajeilla. Inhalaatioanestesian yllä-

pitoon käytetään tavallisesti tämän vuoksi maskia. Toinen tapa on johtaa anesteettihappiseos ohuella, pehmeällä putkella nieluun. Tällöin on käytettävä suhteellisen suurta virtausta ja kaasujen poisto huoneilmasta on hankalampaa kuin maskia käytettäessä.

Injisoitavia anesteetteja käytettäessä valittu lääkeaine, eläinlaji, käsittelijän kokemus ja tottumukset vaikuttavat injektiotapaan. Eläinten pieni koko vaikeuttaa annostelua. **Ketamiini** saattaa happamuutensa takia aiheuttaa kudoskuolioita ja kipua, jos sitä injisoidaan liian pieneen lihakseen. Suuri injektioilavuus on jo itsessään traumatisoiva. On suositeltavaa jakaa suu-remmat annokset eri kohtiin tai käyttää eri injektiotapoja.

KANIINILLE ja MARSULLE voidaan lääkkeitä antaa i.v., mutta pienemmille lajeille i.v.-injektiot ovat vaikeampia ja vaativat jonkin

Taulukko 28-3. Kipulääkitys-, rauhoitus- ja nukutusvaihtoehtoja: **MARSU.**

ANALGESIA

- **Asetyyliisalisyylihappo** (Aspirin®) 50–100 mg/kg p.o. 4 tunnin välein
- **Buprenorfiini** (Temgesic®) 0,05 mg/kg s.c. 8–12 tunnin välein
- **Fluniksiinimeglumiini** 2,5–5 mg/kg s.c. 12–24 tunnin välein
- **Morfiini** 2–5 mg/kg s.c., i.m. 4 tunnin välein

SEDAATIO tai IMMOBILISAATIO

- **Medetomidiini** (Domitor®) 500 µg/kg s.c., i.m. + **ketamiini** 40 mg/kg i.p., i.m.
- **Fentanyl-fluanisoni** 0,65–1 ml/kg s.c., i.m., i.p.

ANESTESIA

- **Ksylatsiini** 2–5 mg/kg + **ketamiini** 30–40 mg/kg i.m.
- **Ketamiini** 20–40 mg/kg + **diatsepaami** 1–2 mg/kg i.m.
- **Fentanyl-fluanisoni** 1,0 ml/kg + **diatsepaami** 2,5 mg/kg i.m., i.p.

verran harjoittelua. KANIINILLA käytetään marginaalisia korvasuonia tai eturaajan v. *cephalicaa*. Karvojen ajo tai nyppiminen sekä alueen käsittely lämpimällä vedellä kostutetulla pumpulilla tai alkoholipitoisella desinfektioaineella tuo suonet paremmin esiin. Lisäksi korvalehden valaiseminen taskulampulla alapinnalta parantaa suonien näkyvyyttä ja samalla lampun lämpö laajentaa verisuonia helpottaen injektiota. MARSULLA voidaan käyttää korvasuonia, v. *cephalicaa* tai dorsaalista metatarsaalilaskimoa. Pienemmällä eläinlajeilla lääkkeitä voi injisoida v. *sublingualikseen*, v. *metatarsalikseen* tai häntälaskimoon. Koe-eläinanestesiassa käytetään usein i.p.-antotapaa, jossa lääkeaine ruiskutetaan vatsan vasempaan kaudaalineljännekseen. On suositeltavaa pitää eläintä tuettuna siten, että sen pää on alhaalla, jolloin vatsaontelon elimet painuvat eteenpäin ja voidaan välttää injektion menemistä ihon alle, suolen sisään, rasvaan tai sisäelimiin. Eläimet reagoivat yleensä vähemmän i.p.- kuin i.m.-injektioon.

Analgesia ja esilääkitys

Leikkausta edeltävä ja sen jälkeinen analgeettien käyttö on suositeltavaa. Kaniinin ja jrsijöiden käyttäytymisestä on vaikea päätellä kivun tunteen ja kärsimyksen määrää. Vileinä ne käyttäytyvät "normaalisti" mahdollisimman pitkään välttyäkseen lajitoverien syrjinnältä ja tappamiselta. Kivun

tunnusmerkit ovat heikkoja ja huomaamattomia: syöminen ja juominen ovat vähentyneet, eläin on inaktiivinen, joskus se voi äännellä tai olla aggressiivinen.

Kaniinin ja jrsijöiden analgesiassa voidaan käyttää **opioideja** ja **tulehduskipulääkkeitä**, joiden annossuosituksia löytyy taulukoista 28-2...28-8. Ennen leikkausta käytettynä opioidit vähentävät induktiovaiheen stressiä, pienentävät varsinaisen anesteetin annosta, rauhoittavat toipumista ja poistavat kipua. **Buprenorfiinia** (Temgesic®) käytetään yleisesti: analgesian etuna on sen pitkäkestö, 8–12 tuntia (HIIRELLÄ 6–12 tuntia). Annos voidaan toistaa useita kertoja (6-) 8–12 tunnin välein. Erityisesti MARSULLE ja KANIINILLE voi buprenorfiinin käytöstä kehittyä ummetus. Muita käytettyjä opioideja ovat **morfiini** (Morphin® injekt.) ja **petidiini** (Petidin® Ipex), joiden vaikutusaika on kuitenkin selvästi lyhyempi (2–4 tuntia). Nämä opioidit lamaavat keskushermostoa, verenkiertoa ja hengitystä. Sen sijaan hengitys lama buprenorfiinia käytettäessä on harvinaisen. Morfiinin ja petidiinin haittavaikutukset ja samalla myös analgesia voidaan kumota **naloksonilla** (Narcanti®), jota annetaan 0,1 mg/1 mg käytettyä morfiini- tai petidiiniannosta kohden. Opioidilla on jo melko pitkät perinteet kaniinin ja jrsijöiden analgesiassa. Tulehduskipulääkkeiden historia tässä yhteydessä on paljon lyhyempi, mutta monille niistäkin löytyy jo annossuosituksia (taulukot 28-2...28-8).

Taulukko 28-4. Kipulääkitys-, rauhoitus- ja nukutusvaihtoehtoja: **ROTTA.****ANALGESIA**

- **Asetyyilisalisylihappo** (Aspirin®) 100–150 mg/kg p.o. 4 tunnin välein
- **Buprenorfiini** (Temgesic®) 0,02–0,5 mg/kg s.c., i.v., i.p. 6–12 tunnin välein
- **Fluniksiinimeglumiini** 2,5 mg/kg s.c. 12–24 tunnin välein
- **Karprofeeni** 5–10 mg/kg p.o.
- **Morfiini** 2–5 mg/kg s.c. 2–4 tunnin välein

SEDAATIO tai IMMOBILISAATIO

- **Medetomidiini** (Domitor®) 100–300 µg/kg s.c.
- **Ksylatsiini** 10 mg/kg i.p.
- **Fentanyyli-fluanisoni** 0,3–0,5 ml/kg s.c. tai i.p.

ANESTESIA

- **Medetomidiini** 250–500 µg/kg s.c. + **ketamiini** 60–75 mg/kg i.p.
- **Ksylatsiini** 10 mg/kg + **ketamiini** 30–87 mg/kg i.m.
- **Ksylatsiini** 5 mg/kg + **ketamiini** 75–95 mg/kg i.m.
- **Propofoli** 7,5–10 mg/kg i.v.
- **Fentanyyli-fluanisoni** 0,3 ml/kg s.c., i.m. + **diatsepaami** 2,5 mg/kg i.p.

Neuroleptianalgesia vähentää anestesian induktion aikaista stressiä. Kaniinin rauhoittamiseen olisi ensisijaisesti käytettävä **fentanyylin** ja **fluanisonin** (Hypnorm®) tai **fentanyylin** ja **droperidolin** (Innovar-Vet®, Thalamonal®) yhdistelmiä. Esilääkityksenä käytetyt rauhoittavat lääkeaineet vähentävät anesteetin tarvetta ja saattavat lisätä yliannostusvaaraa.

Atropiiniesilääkitys (Atropin®) on suositeltava MARSULLE ja CHINCHILLALLE, joilla on ahtaat ilmatiet ja voimakas taipumus bronkospasmiin. Muiden jyrsijöiden osalta atropiinin käytöstä ei olla yksimielisiä. Hengitysteiden eritteet voivat paksuuntua atropiinin vaikutuksesta ja saattavat kasaantuessaan aiheuttaa hengitystietukoksen. Atropiinia käytettäessä on eritteitä imettävä välillä pois nielusta. KANIINI metaboloii atropiinin nopeasti, joten teho ei ole erityisen hyvä ja vasteen saamiseksi on annettava toistuvia annoksia. JYRSIJÖILLE annos on 0,05 mg/kg s.c. ja KANIINILLE 0,1–3,0 mg/kg s.c.

Yleisanestesia**Anestesian tasot ja seuranta**

Sydämen, verenkierto- ja hengityselimistön toiminnan seuranta anestesian aikana

on vaikeaa ilman erikoislaitteistoja. Yleensä verenkiertoa ja hengitystä arvioidaan seuraamalla pulssia sekä hengitystiheyttä ja -tyyppiä. Induktion ja toipumisen aikana hengitys on usein epätasaista ja voi jopa pysähtyä hetkellisesti. KANIINI ja MARSU pidättävät hengitystä kiihtyneinä sekä käytettäessä tiettyjä inhalaatioanesteetteja. Kirurgisessa anestesiassa hengitys on tavallista hitaampaa, mutta säännöllistä. Jos anestesiasta edelleen syvennetään, havaitaan sisään- ja uloshengitysvaiheiden välillä selvä tauko. Työläät sisäänhengitysyrietykset pallea- ja vatsalihaksilla ilman rintakehän apua ovat merkinä vaarallisen syvästä anestesiasta. Elvytys on aloitettava välittömästi.

Anestesian syvyyden riittävyyttä voidaan tutkia aiheuttamalla asteittain voimistuvaa kipuärsytystä. Tavallisesti nipistetään varvasväliä, korvan kärkeä tai häntää. Seuraamalla muuttuuko hengitystiheys tai liikuttaako eläin itseään, voidaan päätellä anestesian tason riittävyys. KANIINILLA ja MARSULLA korvan nipistystä seuraava pään pudistus häviää kirurgisessa anestesiassa. Silmän refleksit ovat vaihtelevia useimmilla lajeilla. Luomi- ja sarveiskalvorefleksejä käytetään lähinnä KA-

Taulukko 28-5. Kipulääkitys-, rauhoitus- ja nukutusvaihtoehtoja: **HIIRI**.

ANALGESIA
<ul style="list-style-type: none"> • Asetyylisalisyylihappo (Aspirin®) 100–150 mg/kg p.o. 4 tunnin välein • Buprenorfiini (Temgesic®) 0,05–2,5 mg/kg s.c., i.p. 6–12 tunnin välein • Fluniksiinimeglumiini 2,5 mg/kg s.c. 12–24 tunnin välein • Morfiini 2–5 mg/kg s.c. 2–4 tunnin välein
SEDAATIO tai IMMOBILISAATIO
<ul style="list-style-type: none"> • Ksylatsiini 10 mg/kg i.p. • Fentanyl-fluanisoni 1:10 laimennettuna steriilillä vedellä 0,01 ml/10 g s.c.
ANESTESIA
<ul style="list-style-type: none"> • Ksylatsiini 5 mg/kg + ketamiini 50 mg/kg s.c., i.p. • Propofoli 12–26 mg/kg i.v. • Fentanyl-fluanisoni 1:10 laimennettuna steriilillä vedellä 0,01 ml/10 g s.c. + diatsepaami 5 mg/kg i.p.

NIINILLA ja MARSULLA. HIIRELLÄ ja ROTALLA on jalkarefleksi paras anestesian syvyyden seurantaan: vaste hidastuu ja häviää siirryttäessä kevyestä keskisyvään kirurgiseen anestesiaan. Jalkarefleksi testataan ojentusta takajalasta nipistämällä ihoa varpaiden välistä.

Inhalaatioanesteetit

Inhalaatioanesteetit poistuvat suurimmaksi osaksi hengitysteiden kautta, mikä nopeuttaa toipumista ja vähentää hypotermian tai nestehukan vaikutusta toipumisaikaan. Inhalaatioanesteetit annostellaan haihduttajan kautta avoimella laitteistolla. Induktioon voi käyttää kammiota tai maskia. Kantajakaasuna käytetään **happea**, joko yksin tai yhdessä typpioksiduulin kanssa, jolloin suhteena on 1+1 tai 1+2. **Typpioksiduuli** (pitoisuudessa 50–70 %) pehmentää ja nopeuttaa induktiota, koska se vähentää hengityksen pidättämistä. Induktio onkin suositeltavaa aloittaa hapen ja typpioksiduulin seoksella ja lisätä vasta siihen vähitellen anesteettia. Typpioksiduulin analgeettinen vaikutus mahdollistaa pienemmän nukutusaineen annoksen joillakin eläinlajeilla. Induktio on usein levoton, jos **halotaania** tai **isofluraania** käytetään pelkän hapen kanssa.

Induktioon jälkeen on tutkittava, ettei potilaan nielussa ole eritekeräyksiä. Nielu-

puhdistetaan tai eritteitä imetään pois aika ajoin myös operaation aikana. Jos käytetään maskia, on käytettävä silmäsalvaa, koska jatkuva kaasuvirtaus kuivattaa silmiä.

Halotaanin (Halothane®) liukoisuus vereen on suhteellisen vähäistä, joten induktio ja toipuminen ovat melko nopeita. Halotaani ei lisää merkittävästi syljen eikä hengitysteiden eritteiden määrää, mutta haju on KANIINISTA epämiellyttävä ja aiheuttaa levottomuutta sekä hengityksen pidäytystä induktiossa. Vakavimmillaan voi rimpuilu induktion aikana aiheuttaa tappavan shokin. **Typpioksiduuli** pehmentää induktiota jonkin verran.

Induktioon käytetään tavallisesti halotaanipitoisuutta 3–4 %. Ylläpitomäärä on aina potilas- ja toimenpidekohtainen – tavallisesti 0,5–2 %. Halotaani aiheuttaa annoksesta riippuvaa hengityksen ja verenkierron lamaantumista, ja **typpioksiduuli** vähentää näitä vaikutuksia. Halotaani voi aiheuttaa myös vasodilataation, josta voi seurata hypotermia. Tämän vuoksi on potilas aina lämpöeristettävä tai sille on tarjottava lisälämpöä.

Metoksifluraania (Penthrane®) on käytetty KANIININ ja JYRSIJÖIDEN anesteettina. Se liukenee vereen ja rasvakudokseen helposti. Noin 40 % annoksesta metaboloituu ja poistuu virtsan mukana. Induktio on hidaski.

Taulukko 28-6. Kipulääkitys-, rauhoitus- ja nukutusvaihtoehtoja: aavikkorotta eli GERBILI.**ANALGESIA**

- **Asetyyლისისყილიჰაპო** (Aspirin®) 100–150 mg/kg p.o. 4 tunnin välein
- **Buprenorfiini** (Temgesic®) 0,1–0,2 mg/kg s.c. 8 tunnin välein
- **Fluniksiinimeglumiini** 2,5 mg/kg s.c. 12–24 tunnin välein
- **Morfiini** 2–5 mg/kg s.c. 2–4 tunnin välein

SEDAATIO tai IMMOBILISAATIO

- **Fentanyyli-fluanisoni** 1 ml/kg i.p.

ANESTESIA

- **Medetomidiini** (Domitor®) 100 µg/kg s.c., i.m. + **ketamiini** 25 mg/kg i.m.
- **Ksylatsiini** 2 mg/kg + **ketamiini** 50 mg/kg i.m.
- **Ketamiini** 50 mg/kg + **diatsepaami** 2,5 mg/kg i.p.
- **Fentanyyli-fluanisoni** 1 ml/kg + diatsepaami 5 mg/kg i.p.
- **Metomidaatti** (Hypnodil®) 50 mg/kg + **fentanyyli** (Sublimaze®) 0,05 mg/kg s.c., i.p.

ja kokonaistoipumis aika on pitkä. Akuutti yliannostusvaara on vähäinen. Haitallisten maksa- ja munuaisvaikutusten vuoksi sen käytöstä on nykyään luovuttu.

Isofluraanin (Forene®, Isoba® vet, Isoflo® vet, Isofluran®) käyttö on viime vuosina lisääntynyt huomattavasti myös KANIININ ja JYRSIJÖIDEN anestesiassa. Se on todettu käytössä parhaaksi ja turvallisimmaksi saatavilla olevista inhalaatioanesteeteista. Isofluraani metaboloituu elimistössä vain vähän ja sen kudostoksisuus on erittäin vähäinen. Induktioon käytetään yleensä pitoisuutta 3–4 % ja ylläpitoon 1–2 %.

Injisoitavat anesteetit

Injisoitavilla anesteeteilla on usein vaikea saavuttaa turvallisesti riittävän syvää anestesiaa suurissa toimenpiteissä kuten esim. vatsaontelokirurgiassa. Injektioanesteetit soveltuvat parhaiten induktioon, jolloin anestesiaa voidaan jatkaa inhalaatioanesteeteilla. Usein joudutaan kuitenkin turvautumaan pelkästään injektioanestesiaan, kun inhalaatioanesteetteja tai sopivia välineitä ei ole saatavilla.

Ketamiinin (Ketalar®, Ketamine®, Ketaminol® vet) käyttöä ilman **butyprofenoneja**, **α₂-agonisteja** tai **bentsodiatsepiineja** on eläinsuojelullisista syistä vältettävä. Pelkkä ketamiini relaksoi lihaksia huonosti tai koh-

taisesti. Viskeraalialgesia ei riitä vatsaontelon operaatioihin. Etenkin MARSUILLA on raportoitu i.m.-injektioiden jälkeistä lihasnekroosia, tai eläin on itse purrut injektiokohdan ihoa, mikä on osoituksena kivusta. Ketamiinin etuna on kardiopulmonaarinen stimulaatio, joka auttaa ylläpitämään anestesian aikaista homeostaasia. Sitä voidaan antaa i.m., i.p. tai i.v. ja lisäksi turvamarginaali on suuri.

α₂-Agonisteja suositellaan käytettäväksi **ketamiinin** (ja **bentsodiatsepiinien**) kanssa. α₂-Agonisti-ketamiiniyhdistelmät ovat nykyisin käytetyimpiä injisoitavia anesteetteja kaniinin ja jyrsijöiden sedaatioissa ja anestesiassa pieneläinvastaanotoilla Suomessa. **Ksylatsiini** (Narcoxyll® vet, Rompun® vet)-**ketamiini**yhdistelmiä on kirjallisuudessa raportoitu useita. Annossuosituksia on taulukoissa 28-2...28-8. **Medetomidiini** (Domitor®) on koe-eläimillä todettu sedatiiviseksi ja analgeettiseksi. **Medetomidiini-ketamiini**yhdistelmällä saavutetaan KANIINILLA ja ROTALLA kirurginen anestesia. MARSULLE ovat käytetyt annokset olleet ainoastaan immobilisoivia ja seurattavat refleksit ovat säilyneet. α₂-Agonistien vaikutus voidaan kumota nopeasti **atipametsolilla** (Antisedan®) annoksella 1 mg/10 mg ksylatsiinia tai 2–10 mg/1 mg medetomidiinia kohden s.c. tai i.m. On otettava huomioon, että myös analgeettinen vaikutus kumoutuu.

Taulukko 28-7. Kipulääkitys-, rauhoitus- ja nukutusvaihtoehtoja: **HAMSTERI**. Ketamiini ei sovi yksin käytettynä hamsterille, koska vasteet ovat vaihtelevia.

ANALGESIA

- **Asetyylisalisyylihappo** (Aspirin®) 100–150 mg/kg p.o. 4 tunnin välein
- **Buprenorfiini** (Temgesic®) 0,5 mg/kg s.c. 8 tunnin välein
- **Fluniksiinimeglumiini** 2,5 mg/kg s.c. 12–24 tunnin välein
- **Morfiini** 2–5 mg/kg s.c. 2–4 tunnin välein

SEDAATIO tai IMMOBILISAATIO

- **Ksylatsiini** 10 mg/kg i.p.
- **Fentanyyli-fluanisoni** 0,5 ml/kg s.c., i.m.

ANESTESIA

- **Medetomidiini** (Domitor®) 100–150 µg/kg s.c., i.m. + **ketamiini** 25–50 mg/kg i.m.
- **Ksylatsiini** 5 mg/kg + **ketamiini** 80 mg/kg i.m., i.p.
- **Fentanyyli-fluanisoni** 1 ml/kg + **diatsepaami** 5 mg/kg i.p.

Tämä on tarvittaessa kompensoitava käytämällä jotain muuta analgeettia, esim. buprenorfiinia.

Diatsepaami (Diapam®, Medipam®, Stesolid®) on rasvaliukoinen ja se ärsyttää kudoksia aiheuttaen kipua etenkin i.m. annosteltuna. Diatsepaamia käytetään lähinnä yhdistelmänä **ketamiinin** (ja **ksylatsiinin**) kanssa. **Midatsolaami** (Dormicum®, Midazolam®) on vesiliukoinen bentsodiatsepiini, joka on noin neljä kertaa diatsepaamia voimakkaampi. Se ei ärsytä kudoksia injektio kohdassa. Hengitystä lamaava vaikutus voi aiheuttaa hengityspysähdyksen, ja verenpaine voi laskea. Midatsolaamia käytetään **fentanyyli-fluanisonin** (Hypnorm®) kanssa. Liuoksia ei voi sekoittaa suoraan keskenään, koska seos saostuu, vaan kumpikin on ensin laimennettava 0,9 % NaCl-liuoksella puoleen (1+1) ja vasta laimennokset sekoitetaan. Tällaisella seoksella voi indusoida kirurgisen anestesian. Lihaksrelaksaatio on hyvä, mutta lievää hengityslamaa voi esiintyä.

Fentanyyli-fluanisonia ja **fentanyyli-droperidolia** käytetään kaniinin ja jyrsijöiden anesteettina sellaisenaan tai yhdessä **bentsodiatsepiinien** kanssa. Fentanyylin vaikutus voidaan kumota **naloksonilla** annoksella 0,1 mg/kg i.v., s.c. tai i.m.

Barbituraatteja on käytetty etenkin koe-eläinten anestesiaan. Useimmilla niistä tur-

vamarginaali on pieni ja aineet on tämän vuoksi laimennettava, jotta annostelu olisi tarkkaa. Barbituraatit lamaavat hengitystä ja verenkiertoa. Analgesia on pienillä annoksilla huono. Ainakin **KANIINILLA**, **MARSULLA** ja **HAMSTERILLA** on kuvattu barbituraattianestesian yhteydessä ns. glukoosiefekti: **glukoosin**, **natriumlaktaatin** tai **adrenaliinin** antaminen toipumisvaiheessa syventää äkillisesti anestesiaa ja toipumisaika pitenee 40–50 %.

Pentobarbitaali (Mebunat® vet) soveltuu huonosti **MARSUN** ja **GERBILIN** nukutukseen suuren yksilöllisen vastevaihtelun takia. Vaste koe-eläinpopulaatioissa vaihtelee kannan mukaan. **UROSHIRET** ovat yleensä naaraita herkempiä ja nukkuvat pidempään. **KANIINILLA** vaste on vaihteleva ja sille on induktiovaiheessa annettava pieniä i.v.-annoksia vasteita seuraten. Kirurgisessa anestesiassa jalkarefleksi on negatiivinen, sarveiskalvorefleksi säilyy ja pupillat ovat melko laajat. Sarveiskalvorefleksin häviäminen on vakavan yliannostuksen merkki.

Propofolia (Rapinovet® vet) on käytetty **KANIINILLA**, **ROTALLA** ja **HIIRELLÄ**. Sillä saadaan aikaan nopea ja hyvä, mutta lyhykestoinen anestesia ja se on annettava i.v.

Injektioanesteettien annossuosituksia

Käytettävän lääkeaineen ja annoksen valinta on aina tapauskohtainen. Tehtävä

Taulukko 28-8. Kipulääkitys-, rauhoitus- ja nukutusvaihtoehtoja: **CHINCHILLA**. Chinchillat ovat erittäin stressiherkkiä, joten käsittelyaika on minimoitava. Suoraa maski-induktiota ei saa käyttää.

ANALGESIA

- **Buprenorfiini** (Temgesic®) 0,05 mg/kg s.c. 8–12 tunnin välein
- **Fluniksiinimeglumiini** 1–3 mg/kg s.c. 12 tunnin välein

SEDAATIO tai IMMOBILISAATIO

- **Ketamiini** 40 mg/kg i.m.
- **Ketamiini** 20–40 mg/kg i.m. + **asepromatsiini** (Plegicil®) 0,2 mg/kg i.m.

ANESTESIA

- **Ketamiini** 40 mg/kg + **asepromatsiini** 0,5 mg/kg i.m.
- **Ksylatsiini** 4–8 mg/kg + **ketamiini** 35–40 mg/kg i.m.

toimenpide, sen kesto, mahdollinen kipu-ärsytys ja etenkin potilaan yleiskunto vaikuttavat annokseen: huonokuntoinen voi tarvita vain 30 % siitä, mitä hyväkuntoinen potilas vaatisi. Apaattinen, energiavajeesta kärsivä ja kuivunut eläin vaatii tukihoitoa ennen anestesiaa, sen aikana ja jälkeen.

Usein on tarkoituksenmukaista antaa pieni tai kohtalainen annos injisoitavaa anesteettia ja syventää vaikutusta inhalatioanesteetilla. Taulukoihin 28-2...28-8 on koottu vaihtoehtoisia annossuosituksia eri lajien analgesiaa, sedaatiota, immobilisatiota ja anestesiaa varten.

29. Eläinkokeen anestesian suunnittelu

Timo Nevalainen & Hanna-Marja Voipio

Eläinkokeissa käytettävät nukutusmenetelmät ja -aineet ovat pienin muutoksinkin samoja kuin tavanomaisessa eläinlääkärin praktiikassa. Molemmissa tapauksissa hyvän anestesian peruseräkkeet ovat samat. Nukutus on yksilöityä kullekin lajille ja toimenpiteelle, mutta tämän lisäksi eläinkokeissa on otettava huomioon tutkimuksen tavoitteet eli se syy, miksi eläin nukutetaan.

Anestesiaa eläinkokeeseen ei voida valita pelkästään eläinlajin perusteella, jolloin nukutus olisi sama riippumatta siitä, missä yhteydessä eläintä käsitellään. Ei ole olemassa yhtä nukutustapaa, joka olisi yleispätevä kaikissa tutkimuksissa. Jokaisen tutkijan on itse pohdittava, mikä on hänen projektissaan tarkoitukseen parhaiten soveltuva nukutus. Anestesiaan on syytä kiinnittää tutkimuksessa erityistä huomiota, ettei käy niin, että anestesia onnistui, mutta tutkimus ei.

Potilas- vai tutkimusanestesia

Eläinkokeissa anestesia voi tapahtua tutkimuksen kahdessa eri vaiheessa. Eläin voidaan nukuttaa valmistelevia toimenpiteitä, esimerkiksi implantin laittoa, sukurauhasen poistoa tai muuta kirurgista toimenpidettä varten. Tällöin varsinainen koe, jossa eläimen vasteita mitataan, tehdään myöhemmin eläimen toivuttua nukutuksesta ja toimenpiteestä. Jos nukutuksella ei ole toimenpidettä seuraavaan kokeeseen yltäviä pitkäaikaisvaikutuksia, se ei oleellisesti eroa potilasnukutuksesta, ja anestesian valinta ja seuranta keskittyy nukutuksen toimivuuteen. Tähän ongelmakokonaisuuteen paneutuvat tämän kirjan muut luvut. Potilastyypinen nukutus on oleellisesti yksinkertaisempaa kuin tilanne, jossa koe

suoritetaan ja vasteita mitataan nukutuksen aikana.

Eläimen vasteita nukutuksen aikana mitattaessa tai rekisteröitäessä tutkimuksen tavoitteet on koko ajan pidettävä mielessä. Jos nukutus vaikeuttaa, häiritsee tai estää tutkimuksen tulosten saavuttamista tai tulkintaa, tehty työ voi osoittautua turhaksi. On myös eettisesti väärin tehdä eläinkoetta ilman, että nukutuksen tutkimusta mahdollisesti häiritsevät tekijät on määritelty ja pyritty poistamaan mahdollisuuksien mukaan. Siksi tutkimuksessa käytettävä nukutus on huomattavasti vaikeampaa kuin potilasnukutus. Tämän luvun tavoitteena on selvittää tutkimusnukutuksen yleisiä periaatteita sekä hiirien ja rottien nukutukseen liittyviä erityispiirteitä.

Nukutettu vai tajuinen eläin

Tutkimuksen tuloksia on yleensä kyettävä soveltamaan laajempaan kohderyhmään ja usein vielä toiseen eläinlajiin. Vain itse anesteettia tai anestesiaa tutkittaessa kohderyhmänä on nukutettu eläin, muissa tapauksissa nukuttamaton, tajuinen eläin. Nukutus muuttaa aina elimistön fysiologista tilaa ja eläimen vasteita: hyvin usein verenpaine laskee ja verenkiertoa säätelevien refleksien toiminta estyy. Tässä suhteessa nukutusaineissa on suuria eroja, ja siksi toiset nukutusaineet soveltuvat paremmin tietyille tutkimusalueelle kuin toiset.

Keskushermostovälitteisiin refleksiin nukutusaineilla on hyvin vaihtelevia vaikutuksia. Kun tutkitaan näiden refleksien välityksellä säädelyjä elimistön toimintoja, on aivan oleellista, mitä nukutusainetta kokeessa käytetään. Osa eläinkokeissa käytetyistä nukutusaineista on jo jäänyt pois kliinisestä käytöstä, mutta joillain niistä

(esim. **barbituraatit**) on vielä käyttöindikaationsa tutkimuksessa. **Dietyylieetterin** ja **kloroformin** käytöstä eläinkokeellisessa tutkimuksessa sen sijaan on luovuttu.

Tutkimusprojektiin parhaan nukutuksen valinta voi olla vaikeaa. Tutkijalla on usein tukenaan tutkimusryhmä, joka on jo selvittänyt asian tai oppinut sen kokemuksen kautta, ja jos taustatietoa ei ole, alan kirjallisuus saattaa vastata asetettuun kysymykseen. Toisinaan sopivinta nukutusvaihtoehtoa ei löydy kirjallisuudestakaan – etenkin silloin, kun soveltaa uutta nukutusta ensimmäisenä omalle tutkimusalalle. Tällöin ainoa mahdollisuus on selvittää asia itse.

Jos tutkimuksen tuloksia on tarkoitus soveltaa tajuisiin eläimiin, verrokkeina joudutaan käyttämään tajuisia eläimiä tai joissain tapauksissa nukutusta, jonka vaikutukset ovat tiedossa kyseisellä tutkimusalueella. Tajuisten eläinten vasteiden tutkiminen on vaikeampaa, ja taitoa ja välineistöä tarvitaan usein huomattavasti enemmän. Yhtenä ratkaisutapana on käyttää aiemmin toimivaksi tiedettyä nukutusta. Tämä on yleinen syy siihen, miksi tutkimuksessa päädytään usein vanhaan nukutuskäytäntöön, josta löytyy runsaasti ja luotettavaa taustatietoa.

Mikään nukutussuositus ei ole yleispätevä, eikä sellaisenaan sovellettavissa monenlaisissa tutkimuksissa. Suositukset on usein mitoitettu potilastyypistä nukutusta silmälläpitäen, jolloin ohjeiden antaminen on yksiselitteisempää. Tämä jää valitettavasti toisinaan huomiotta tutkimussuunnitelmien anestesiaosaa arvioitaessa. Tutkimusmallin soveltuvuus riippuu suuresti anestesiamenetelmien ja aineiden valinnasta, joilla parhaimmillaan ei tule olla mitään tai minimaalinen vaikutus keskeisiin fysiologisiin muuttujiin. Yleisesti nukutusaineet, jotka säilyttävät autonomisen hermoston vakauden ja muuttavat vain vähän spontaania hengitystä ja verenkierron toimintaa, ovat parhaita tutkimusnukutuksessa. Nukutusta, jolla samanaikaisesti olisi kaikki hyvän anestesian ominaisuudet ja jossa eläimellä olisi tajuisuuden fysiologinen tila, ei toistaiseksi ole.

Mittausten harhattomuus

Tutkimussarjaa tehtäessä tutkimusperinteemme edellyttää, että ainoa muuttuva kontrolli- ja koeryhmien välillä on tutkittava toimenpide. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että nukutusta ei voi parannella kesken koesarjan uusilla lääkkeillä tai intraoperatiivisilla toimenpiteillä. Sarjan alussa tehdyssä suunnitelmassa on pysyttävä tiukasti: muunlainen lähestymistapa ei täytä tieteellisen tutkimuksen kriteerejä.

Tutkimuksessa, kuten tavallisessa potilasnukutuksessa, nukutusyvyvyydestä huolehtiminen on välttämätöntä. Ylivoimaisia tässä suhteessa ovat helposti ohjattavat nukutusmenetelmät, kuten inhalaatio- ja infuusioanestesioidet. Näissä ei tarvitse käyttää annosajattelua, vaan nukutusyvyvyyttä kyetään syventämään tai keventämään eläimen vasteiden mukaan. Injektioanestesioidet ovat heikompia, joskin yhä edelleen yleisimmin käytössä.

Tutkijalta unohtuu usein, että erityisesti pienillä koe-eläimillä on niin vuorokausi- kuin muitakin kausikiertoja, jolloin esimerkiksi hormonipitoisuudet ja nukutusvasteet voivat olla huomattavan erilaisia. Siksi on parempi tehdä mittauksia useana päivänä samaan kellonaikaan kuin yhtenä päivänä urakoiden.

Joskus pieniä yksityiskohtia punnittaessa perusasiat voivat unohtua. Turhaa hajontaa tuloksiin saa helposti esimerkiksi, jos eläimet otetaan käyttöön uusiin olosuhteisiin totuttautumiskauden aikana. Jopa kivi- ja hiirikkeisiin tulee kiinnittää huomiota; esimerkiksi rotilla ja hiirillä lehtipuukuivikkeiden muuttaminen havupuukuivikkeeksi indusoi maksan mikrosomaaliset entsyymit muutamassa päivässä, jolloin eläinten vaatimat nukutusaineannokset voivat kaksinkertaistua, ja siitä huolimatta anestesia-aika puollittua.

Nukutuksen vakaus

Nukutuksen aikana tapahtuu väistämättä tietyn suuntaisia muutoksia, ja esimerkiksi spontaanisti hengittävä eläin siirtyy asidoosiin suuntaan; samoin eläin jäähtyy ja

kuivuu nukutuksen kuluessa. Vielä oleellisempaa on se, että useimmissa anestesia-tavoissa eläimen nukutuksen syvyys muuttuu koko ajan. Näin ei tapahdu tajuisessa tilassa, koska eläimet säätelyjärjestelmät toimivat.

Injektioanestesiassa nukutus on syvimillään melko pian nukutusaineen annon jälkeen ja kevenee hiljalleen ellei ainetta lisätä. Nukutuksen syvyys heijastuu helposti vasteisiin, esimerkiksi sydämen lyöntitiheyteen ja verenpaineeseen. Toimenpiteistä aiheutuneet vasteet voivat samoin vaihdella sen mukaan, missä vaiheessa syvyyden aiheuttamat muutokset ovat.

Muutosten välttämiseksi jatkuvan anestelun anestesiati (inhalaatio ja infuusio) ovat parhaita. Näitä käytettäessä on mahdollista löytää tutkimussuunnitelmassa määritelty nukutustaso, ylläpitää se mahdollisimman tasaisena ja samalla välttää tarpeettomat muutokset tutkimuksen kannalta oleellisissa muuttujissa. Jäljelle jäävän muutoksen käsittelyssä kannattaa käyttää verrokkina muuttujan arvoa ennen ja/tai jälkeen toimenpiteen. Tämä voi tapahtua käyttämällä niitä kovariaatteina tai laskea tulokset muutoksina.

Yksinkertainen on paras

Luonnontieteellinen tutkimusperinteemme on puhtaiden yhdisteiden tutkimisen perinne. Tutkimme yhtä yhdistettä kerrallaan, ja vain harvoin mahdollisia yhteisvaikutuksia, mikä olisi vaikeaa ja työlästä aineiden ja annosten yhdistelmien valtavan lukumäärän vuoksi. Tutkittaessa vasteita nukutetuilla eläimillä näin kuitenkin usein tahattomasti käy. Yhteisvaikutusten arvioinnin kannalta ei ole yhdentekevää, kuinka monta esilääkitys- ja nukutusyhdistettä käytämme. Mitä useampaa ainetta käytetään, sitä suurempi polyfarmasia aiheutuu ja sitä vaikeammaksi muodostuu tulosten oikea arvioiminen.

Nukutustekniikoiden monimutkaisuus tulee minimoida tutkimussuunnitelmia laadittaessa. Vain näin on mahdollista estää anestesiahoitojen sekoittavaa vaikutusta tutkimukseen ja toisaalta auttaa suunnitel-

lun nukutusmenettelyn toistamista eläimestä toiseen helpoimmalla ja käytännöllisimmällä tavalla.

Tutkimuksessa käytettäviä nukutusmenetelmiä

Nykyisin eläinkokeisiin on mahdollista valita sopivin vaihtoehto monentyppisistä nukutusaineista ja -menetelmistä. Uusien aineiden käyttäminen on helpointa silloin, kun nukutusta tarvitaan ennen varsinaista koetta. Kun koetoimenpiteet tehdään nukutuksessa, uusimpien nukutusaineiden käyttäminen on harvinaisempaa. Tutkimuksessa edetään pienin askelin, ja uudet tulokset yleensä pyrkivät tuottamaan lisätietoa entisten luomalle perustalle. Vuosia ja joskus vuosikymmeniä kestävässä prosessissa ei voida muuttaa käytettyä tutkimusnukutustapaa tai -ainetta aina, kun uusi aine tulee saataville. Tällainen menetely tekisi käyttökelvottomaksi jokaiselle tutkimuskokonaisuudelle välttämättömän taustatiedon, ja tutkijasta tulisi uuden menetelmän eikä niinkään oman ongelmakokonaisuutensa tutkija.

Eläinkokeissa käytettävät nukutusmenetelmät ja yleisimmin käytetyt nukutusaineet kehittyvät ja muuttuvat sitä mukaa, kun uusia aineita ja vaihtoehtoja otetaan käyttöön eläin- tai ihmislääketieteen puolella. Nykyisin pyritään käyttämään entistä enemmän kaasumaisia nukutusaineita myös pienten jyrssiöiden nukutuksessa: tämän mahdollistavat erityisesti jyrssiöille valmistetut anestesia-laitteistot. Seuraavassa esitetään muutamia tavallisia eläinkokeissa käytettäviä nukutusaineita esimerkinomaisesti indikaatioineen, annoksineen ja erikoispiirteineen.

Nukutuksessa ennen varsinaista koetta käytetään usein yhdistelmänukutusaineita, kuten **fentanyyli-fluanisoni-midatsolaami** tai **medetomidini-ketamiini**. Näitä voidaan käyttää kirurgisia toimenpiteitä suoritettaessa, esimerkiksi alkionsiirtoja tai sukurauhasten poistoja tehtäessä. Myös muita vaihtoehtoja potilastyypiseen nukutukseen on olemassa: nämä ovat yleensä samoja, joita käytetään eläinpotilaille (luku 28).

Kloraalihydraattia voidaan käyttää ROTALLA (400 mg/kg i.p.), tilanteissa joissa **opioideja** ei voida käyttää. Kloraalihydraatti voi johtaa nukutuksen jälkeen mahaontelon turpoamiseen (paralyyttinen ileus), huonokuntoisuuteen ja kuolleisuuteen. Ongelma liittyy i.p. annosteluun ja annetun liuksen liian vahvaan konsentraatioon. Suositeltavana liuos-konsentraationa voidaan pitää 36 mg/ml. Rotat nukkuvat aineella noin 2 tuntia.

Tiobutabarbitaali (Inactin[®], 80 mg/kg) on tiobarbituraatti, jolla on mahdollista saada aikaan ROTALLA pitkäkestoinen (4–6 h) kirurginen anestesia. Huomattavia kantairoja esiintyy nukutusvasteessa.

Pentobarbitaali (Mebunat[®] vet, 40–60 mg/kg i.p.) tulee kyseeseen lähinnä ROTILLA, HIIRILLÄ ja KANEILLA mutta riittävän nukutus-syvyyden saavuttaminen johtaa usein 20–50 % kuolleisuuteen. Rotat nukkuvat 2–4 tuntia. Pentobarbitaali soveltuu parhaiten lyhyisiin tai keskipitkiin toimenpiteisiin, joiden jälkeen eläintä ei herätetä. Koska pentobarbitaali on hyvin ärsyttävä aine, on sen laimentaminen tärkeää.

Uretaani (1000 mg/kg i.p.) on perinteinen koeanesteetti, jolle on ROTALLA tyypillistä pitkä (4–6 h) ja tasainen nukutus. Uretaani soveltuu kokeisiin, joista eläintä ei herätetä. Vaikutukset verenkiertoon ja hengitykseen ovat pienet, mikä on huomattava etu. Suurin haitta on työsuojelullinen: uretaani on karsinogeeninen aine.

Kaasumaisista nukutusaineista käytetään nykyisin lähinnä **isofluraania** (Forene[®], Isoba[®] vet Isoflo[®] vet, Isofluran[®]). Myös pienille JYRSIJÖILLE on olemassa haihduttimia ja anestesia-laitteistoja, joiden avulla nukutusta voidaan hallita tarkasti. Nukutus aloitetaan nukutuskammiossa, jonne johdetaan 5 % isofluraania. Eläimen nukahdettua se siirretään kammiosta nukutusmaskiin, johon johdetaan ylläpidossa tarvittava 2 % kaasu. Isofluraani soveltuu käytettäväksi monipuolisesti sekä lyhytaikaisiin että pitkäkestoisiin kirurgisiin toimenpiteisiin. **Halotaanin** käyttämisestä ollaan luopumassa aineen maksatoksisuuden vuoksi.

Eetteri ärsyttää sekä nukutettavan että nukuttajan hengitysteitä, käyttö avomas-

killa on hallitsematonta ja räjähdysvaara on olemassa. Nykyinen EU:n ohjeisto ei suosittele etterin käyttöä koe-eläin-anestesiaan.

Nukutuksen kuvaaminen tutkimusraporteissa

Julkaisuissa käytössä oleva anestesian kuvaustapa on pelkistetty: yleensä kerrotaan, kuinka paljon nukutusainetta annettiin painoysikköä kohden sekä antotapa. Koska etenkin jyräjoiden nukutusvasteet vaihtelevat perimän, tautien ja ympäristötekijöiden vaikutuksesta varsin laajoissa rajoissa, käytössä oleva kuvaustapa ei kerro nukutuksesta riittävästi. Nukutus on kuvauksen perusteella usein vaikea toistaa toisessa laboratorioissa, jossa eläimet, olosuhteet ja tilat ovat toisenlaiset – tutkimuksen tietty toistamismahdollisuus on kuitenkin yksi tutkimuksen luotettavuuden edellytys.

Nukutusvasteeseen perustuva kuvaustapa olisi realistisempi ja kuvaisi paremmin nukutuksen syvyyttä. Inhalaatioaineita käytettäessä on suhteellisen helppoa arvioida konsentraatio aivoissa ja nukutuksen syvyys, jos tiedetään aineen alveolaarikonsentraatio. Siitä saadaan riittävä kuva määrittämällä inhalaatioanesteetin pitoisuus uloshengityskaasusta. Tämä käy kuvaukseksi raportissa.

Tutkimusanestesian erityispiirteitä jyräjöillä

Eläinten terveyden arviointi. Perusteellisen tutkimuksen tekeminen ennen nukutusta on usein jyräjöiden pienen koon vuoksi epäkäytännöllistä tai vaikeaa. Eläinten tarkkailu tavanomaisessa häkkiympäristössä, jossa eläimiin ei kohdistu käsittelyn aiheuttamaa stressiä, on yleensä parempi vaihtoehto. Nukutettavan eläinlajin normaaliin käytökseen perehtynyt hoitaja kykenee parhaiten arvioimaan eläimissä tarttuvien tautien ja muiden sairauksien aiheuttamat oireet. Koe-eläinyksikön toimiva terveystarkkailu on paras tae subkliinisten, mutta nukutusvasteisiin vaikuttavien tautien havaitsemiseksi.

Taulukko 29-2. HIIREN ja ROTAN nukutuksessa käytettyjä nukutusainevaihtoehtoja.

Fentanyyli-fluanisoni – Midatsolaami (Hypnorm®-Dormicum®) Valmistetaan käyttöliuos: Hypnorm® - (fentanyyli-fluanisoni) + vesi 1:1 ja midatsolaami (5 mg/ml) + vesi 1:1, sekoitetaan. Sekoita ensin lääkkeet veteen, sitten yhdistä. Älä säilytä jääkaapissa!	
Hiiri	Käyttöliuosta 0,10–0,15 ml/20g s.c. (ei i.p.) Herätys: Nalorfiini 1 mg/kg i.v., i.p. Vaikutuksen kesto 30–60 min
Rotta	Käyttöliuosta 0,15–0,2 ml/100 g s.c. (ei i.p.) Herätys: Nalorfiini 1 mg/kg i.v., i.m., i.p. Vaikutuksen kesto 20–90 min
Medetomidiini – Ketamiini	
Hiiri	Medetomidiini 1 mg/kg + ketamiini 75 mg/kg, i.p., s.c. Sekoitetaan ja laimennetaan tavoitteena annos 0,1–0,2 ml / hiiri. Herätys: Atipametsoli (Antisedan®) 0,5 mg / kg, i.p., s.c. Ilman herätystä nukutuksen kesto < 70 min
Rotta	Medetomidiini 0,4 mg/kg + ketamiini 60 mg/kg i.p., s.c. Voi vetää samaan ruiskuun. Herätys: Atipametsoli 1 mg/kg i.m., i.p., s.c. Ilman herätystä nukutuksen kesto < 70 min Medetomidiini 0,2 mg/kg s.c., i.p. ja 15 min myöhemmin fentanyyli 0,3 mg / kg, s.c. tai i.p. Herätys: Atipametsoli 1 mg/kg i.m., i.p., s.c. Ilman herätystä nukutuksen kesto < 70 min
Halotaani	
Hiiri	Induktio 3 %, ylläpito 1,5–2 %
Rotta	Induktio 3 %, ylläpito 1,5–2 %
Isofluraani	
Hiiri	Induktio 5 %, ylläpito 2 %
Rotta	Induktio 5 %, ylläpito 2 %

Koe-eläimet ovat, toisin kuin monet eläinlääkärin potilaat, nuoria ja terveitä aikuisia yksilöitä. Kun pidetään huoli siitä, että eläimet hankitaan tuottajalta, jonka terveystarkkailutulokset ovat kunnossa, on eläinten terveystilanne oleellisesti parempi kuin yhdenkään lemmikin kohdalla – vaatimukset koe-eläinten mikrobiologisesta laadusta ovat hyvin korkeat. Koe-eläimillä terveydentilaa valvotaan säännöllisesti erityisesti tarttuvien tautien osalta, jotta voidaan varmistua, ettei tauteja esiinny koe-populaatiossa.

Suuret laji- ja kantaerot. Jyrsijät ovat kooltaan oleellisesti pienempiä kuin tavallisimmin nukutettavat lemmikkieläinlajit, ja niiden perusaineenvaihdunnan (BMR) nopeuden suhde painoon on myös suurempi. Tästä syystä niiden tarvitsemat nukutusainneiden annosmäärät eläimen painoyskiköä kohti ovat suhteellisesti suurempia kuin suurikokoisilla lemmikkieläinlajeilla.

Tutkimuksessa käytettäviä erilaisia jyrsijäkantoja on tuhansia, ja uudet geneettisesti manipuloidut kannat ovat lisänneet

valinnanvaraa. Erityisesti sisäsiittoiset ja geenimuunnellut HIIRET ja ROTAT saattavat olla nukutusvasteiltaan hyvin erilaisia. Muilla kannoilla toimivien annosten käyttö ei ehkä toimi kannan muuttuessa, eikä välttämättä edes saman kannan eri yksilöillä. Näin syntyy helposti käsitys annoksen virheellisyydestä, vaikka itse asiassa kysymys on vasteen suuresta vaihtelusta. Käytännössä kunkin nukutusaineen toivottu vaste löytyy yleensä vasta omassa koeyksikössä saadun kokemuksen avulla.

Potilas- ja tutkimusanestesiaa käytetään vääräoppisesti. Kaikille tutkijoille ja tutkimussuunnitelmien arvioijille ei ole täysin selvää, mitkä eläinkokeissa käytettävien anestesiatyyppeiden erot ja indikaatiot ovat. Koska tajuisuutta vastaavaa nukutusta ei ole, eikä läheskään kaikkia tutkimustoimenpiteitä voida tehdä ilman nukutusta, parasta, mitä voidaan saavuttaa, on hyviin perustietoihin ja kokemukseen perustuva kompromissi anestesian valinnassa.

Anestesiaa ei tunneta riittävästi. Tarjolla olevat nukutusaineet on kehitetty muille

lajeille. Niiden turvallisuus on kyllä testattu koe-eläinjyrsijöillä, mutta tehoa ja toimivuutta välttämättä ei. Tämä on ymmärrettävää, koska hiirien ja rottien nukutus ei voi koskaan muodostua lääkkeen valmistajalle tai markkinoijalle huomattavaksi ja kannattavaksi indikaatioalueeksi. Näin ollen tutkija joutuu yleensä itse löytämään tiedon sopivasta nukutusaineesta ja -tavasta.

Annosteluvaikeudet. Monet käytössä olevat nukutusaineet on kehitetty ihmisille tai lemmikki- tai hyötyeläimille, siis huomattavasti suuremmille lajeille kuin jyrsijät. Kaupallisten valmisteiden konsentraatiot sopivatkin yleensä huonosti jyrsijöille, erityisesti hiirille. Valmisteiden laimentaminen on tavallisesti edellytys jonkinasteisen annostelutarkkuuden saavuttamiseksi.

Myös annosteluvälineiden koko voi aiheuttaa vaikeuksia. Ihmisille mitoitettut ruiskut ja neulat toimivat hyvin eläinlääkärin perinteisten potilaiden kohdalla. Erityisesti hiirillä annokset voivat laimentamallakin jäädä niin pieniksi, että 10–20 % lasketusta annoksesta mahtuu neulan lumeniin. Ja sinne se myös jää, jos ruiskua ei ole oikein täytetty neulan läpi.

Ryhmäanestesia. Tutkimuksessa jyrsijöitä nukutetaan usein ryhmänä. Tämä asettaa erityisvaatimuksia nukutusmenetelmille niin tutkimuksellisista kuin käytännöllisistäkin syistä. Ryhmäanestesia ja tutkijan vähäiset apuvoimat merkitsevät usein sitä, että ryhmässä nukutettua eläintä ei pystytä seuraamaan yhtä tarkasti kuin yksittäistä eläintä, eikä kovin monipuolista intraoperatiivista seuranta ole mahdollista järjestää. Tässä tilanteessa erityisesti nukutuksen turvamarginaalin merkitys korostuu. Ryhmäanestesia edellyttää yleensä yksinkertaisia toimenpiteitä ja annosteluja, mikä on itse asiassa samansuuntaista tutkimustavoitteiden kanssa.

Intraoperatiivinen hoito ja seuranta. Nukutetun koe-eläimen perushoito ei eroa millään tavalla potilaseläimen hoidosta. Eläi-

menlämmöstä, nesteytyksestä, happo-emäspainosta ja hapetuksesta on pidettävä huolta. Eläimen jäähtyessä aineenvaihdunta hidastuu ja mm. nukutuksen kesto piteenee. Muutokset happo-emäspainossa heijastuvat hermoimpulsseihin. Koska tutkimussarjassa olosuhteiden täytyy pysyä mahdollisimman samanlaisina eläinten välillä, tiettyjen elintoimintojen seuranta on välttämätöntä. Jokaisessa tutkimussarjassa tutkijan on itse arvioitava, mitkä ovat eläimen mahdollisimman fysiologisen tilan ylläpidon lisäksi kriittisiä tekijöitä kokeessa, ja mitoitettava seuranta niiden mukaan.

Postoperatiivinen hoito. Mikäli tutkimuksen kannalta ei ole tarpeellista pitää eläintä hengissä nukutuksen jälkeen, on eläin parasta lopettaa sen vielä ollessa nukutettuna. Jos eläin herää nukutuksen jälkeen, oli kyseessä sitten potilas- tai tutkimustyyppinen anestesia, on syytä kiinnittää aivan erityistä huomiota eläinten postoperatiiviseen hoitoon.

Postoperatiivinen hoito tulee aloittaa välittömästi toimenpiteen jälkeen, eikä se saa loppua työajan päättyessä. Eläinten nestetasapainoa voidaan auttaa joko s.c. tai i.p. nesteannolla, sillä i.v.-antoon liittyy teknisiä ongelmia pienikokoisilla eläimillä. Silmät voidaan suojata öljypohjaisilla silmätipoilla.

Ulkoinen lämpö on yksi tärkeimpiä asioita hyvän toipumisen kannalta. Eläimiä on hyvä pitää heräämässä häkeissä noin 30 °C lämmössä esimerkiksi keskoskaapissa, johon tuleva ilma on kostutettua tai johon johdetaan **karbogeenia** (95 % O₂ ja 5 % CO₂). Jos sopivaa lämpökaappia ei ole käytettävissä, lämmönlähteenä voidaan käyttää infrapuna- tai tavallista lamppua. Tällöin on huolehdittava siitä, että ympäristöstä ei tule liian lämmintä. Eläimet voidaan myös kääriä löysästi eristävään materiaaliin, kuten kuplamuoviin. Heränneille eläimille järjestetään pääsy tavalliseen häkkiympäristöön, kun ne pystyvät ja haluavat sinne siirtyä.

30. Lintujen anestesia

Kristiina Kontio-Jalanka

Pieniä toimenpiteitä, kuten yleistutkimusta, kynsien tai siipisulkien leikkausta tai nokan trimmausta varten ei suurtakaan PAPUKAJAIA tavallisesti tarvitse rauhoittaa tai nukuttaa. Lintujen käsittely tosin vaatii hieman harjaannusta, ohjeita löytyy kirjallisuusluettelossa mainituista teoksista. STRUTSIN anestesia on kuvattu myöhemmin tässä luvussa. Koska linnuilla ei ole palleaa, ne hengittävät laajentamalla ja supistamalla rintakehäänsä. Tästä syystä lintuja ei saa pitää kiinni niin, että rintakehän ja -lastan liikkuminen estyy.

Lintupotilaiden nukuttaminen on indikoitua stressin ja kivun minimoimiseksi ja/tai immobilisaation aikaansaamiseksi erilaisten diagnostisten, terapeuttisten ja kirurgisten toimenpiteiden yhteydessä. Lintujen perustilalämpötila on korkea sekä metabolia nopea. Linnuilla on hengitys- ja verenkiertoelimistössä eräitä anatomisia ja fysiologisia erityispiirteitä, jotka asettavat erityisvaatimuksia käytettäville anesteeteille, niiden annoksille ja antotavoille, sekä anestesian seurannalle ja tukihoidolle. Tavallisimmissa tutkimus- ja hoitotoimenpiteissä anestesian päätarkoituksena on immobilisoida potilas, jotta toimenpide voidaan tarkasti suorittaa. Syvää anestesiaa tarvitaan vain sellaisissa toimenpiteissä, joihin voi liittyä kipua.

Potilaan arviointi ja esivalmistelut

Kun anestesia on indikoitu ja välttämätön, on varmistettava, että potilaan yleiskunto on riittävän hyvä. Preanesteettiseen arviointiin kuuluu kunnollinen kliininen tutkimus (yleiskunto, paino sekä se aika, jolloin hengitysfrekvenssi palautuu normaaliksi vähintään 2 min kestäneen käsittelyn jälkeen) sekä tarvittaessa erikoistutkimukset (hematologia: Hkr, kokonaisproteiinit, val-

kosolut; radiologia; mikrobiologia; parasitologia). Krooniset sairaudet (esim. kasvaimet) kuluttavat vähäisiä ravintovarastoja. Jos potilaan yleisvointi ei ole riittävän hyvä, tulee ennen anestesiaa antaa tarpeelliset tukihoidot: nesteitys (nesteet aina lämmitettyinä!), vitamiinien, antibioottien ja anabolisten steroidien anto. Potilaan kuntoutus saattaa joskus viedä päiviä. Verensiirtoa on harkittava, kun hematokriitti on alle 25–30 %. Hematokriitin ollessa yli 55–60 % on potilas nesteytettävä ennen anestesiaa. Sairaalla linnulla on usein 10 % dehydraatio. Ylläpitotarve on myös linnuilla 50 ml/kg. Paras korvausliuos on **laktoitu Ringerin liuos**, suurin infuusionopeus 90 ml/kg/h. Mikäli seerumin glukoosipitoisuus on alle 10 mmol/l, tulee nestehoidossa käyttää glukoosipitoisia nesteitä. Plasman kokonaisproteiinipitoisuuden tulee olla vähintään 30 g/l ennen anestesiaa. Antibiootit annetaan siten, että huippukonsentraatio saavutetaan invasiivisen toimenpiteen aikana. Tämä ei ole tarpeen yksin haavainfektioiden välttämiseksi vaan myös estämään postoperatiivista intestinaalisten gramnegatiivisten bakteerien aiheuttamaa septikemiaa.

Jokainen anestesiassa tehtävä toimenpide tulee suunnitella huolella. Käytettävän anesteetin valintaan vaikuttaa mm. toimenpiteen laatu ja kesto, toimenpiteen kohteena oleva ruumiinosa (pään alueen toimenpiteissä ei voi käyttää maskia), klinikan varustetaso ja käsittelijän kokemus sekä tottumukset. Anestesian kesto tulee aina minimoida. Tähän päästään vain suunnitteleamalla toimenpide etukäteen ja varuamalla esille kaikki toimenpiteen aikana mahdollisesti tarvittavat välineet ja laitteet. Lämpöhukan minimointi ja tarvittaessa lämmön tarjoaminen lämpötyynyn tai -lampun avulla on tärkeitä (⇒ taulukko 28-1).

Kirjallisuudessa on esitetty hyvin erilaisia suosituksia paaston tarpeellisuudesta linnuilla. Paasto voi aiheuttaa hypoglykemiaa ja heikentää maksan detoksifikaatiokykyä. Paastotusta ei suositella, ellei kyseessä ole kupuun kohdistuva invasiivinen toimenpide. Lyhyt preoperatiivinen paasto (pienillä ja keskisuurilla linnuilla 0,5–3 h) riittää vähentämään regurgitaation ja aspiraation vaaraa.

Lääkeaineiden antotavat

Inhalaatioanestesia voidaan indusoida joko anestesiakammion tai maskin avulla. Anestesiakammio voi olla yksinkertainen, ainakin osittain läpinäkyvä laatikko, johon anestesia-laitteistosta johdetaan anesteetti ja kantajakaasu(t). Markkinoilla on myös erikokoisia, erityisesti tähän tarkoitukseen valmistettuja kovamuovisia kammioita. Käytökelpoisimmillaan kammioinduktio on pienillä ja keskisuurilla häkkilinnuilla. **Maski-induktio** vaatii potilaan kiinnittämistä induktion aikana. Käsittelyn vaikeus riippuu suuresti lintulajista, mutta se aiheuttaa aina stressiä potilaalle. Suurempia lajeja maskilla indusoidaessa onkin eduksi antaa ensin pieni annos sedatiivia tai injektioanesteettia potilaan rauhoittamiseksi. Anestesiamaasin on oltava mahdollisimman pieni, kooltaan ja muodoltaan lajille sopiva sekä mieluiten läpinäkyvästä, helposti puhdistettavasta materiaalista valmistettu. Sopivia maskeja voi valmistaa erikokoisia injektioruiskuja muotoilemalla ja yhdistelemällä. Anestesiakaasu johdetaan maskiin tavallisesti katetrin läpi. Tämän katetrin tulee olla mahdollisimman lyhyt virtausvastuksen minimoimiseksi.

Trakeotuubin ja maskin käytöstä inhalaatioanestesian ylläpidossa on erilaisia mielipiteitä. Intubaatio on anatomisesti varsin yksinkertaista, mutta useiden lintulajien pieni koko vaikeuttaa sopivien välineiden löytämistä. Lisäksi ohut intubaatiotuubi helposti taivuu tai tukkeutuu hengitysteiden eritteistä. Myös laitteiston kuollut tila on vaikea saada kyllin pieneksi muilla kuin suurilla lajeilla. Yleensä anestesiaa ylläpidetään maskin avulla. Maskin haittapuolia

ovat anesteetin konsentraation hitaampi säätely kuin intuboidulla linnulla sekä maskin fyysinen haitta pään alueen ja etenkin suuontelon toimenpiteissä.

Injisoitavat anesteetit annostellaan joko lihaksen- tai suonensisäisesti. Injisoitavan aineen tilavuuden tulee olla mahdollisimman pieni (käytettävä 1 ml "tuberkuliiniruiskua") ja aineiden mahdollisimman vähän ärsyttäviä. **Ketamiinin** (etenkin 100 mg/ml) on i.m. antotavalla todettu aiheuttavan lihasvaurioita. I.m.-injektio annetaan mieluiten suuriin *pectoralis*-lihaksiin, kraniaalisen ja keskikolmanneksen rajamaille. Rintalastan harjan vieressä sijaitsevaa laskimopunosta tulee ehdottomasti varoa! I.m.-injektioita ei pidä antaa jalan lihaksistoon hermovaurioiden vaaran takia. Linnuilla on renaalinen porttilaskimojärjestelmä, mistä syystä jalkaan tai ruumiin takaosiin injisoitu lääkeaine saattaa kulkeutua suoraan munuaisiin. Seurauksena voi olla munuaisvaurio tai aineen erittyminen elimistöstä ennen anesteettista vaikutusta. I.v.-injektio on paras antaa *humeruksen* ventraalipinnan myötäisesti kulkevaan laskimoon; myös *jugularis*- ja *metatarsaalilaskimo* voidaan käyttää. Linnun iho on venymätön, ihonalaista pehmeää sidekudosta on vähän ja verisuonet ovat erittäin ohutseinäisiä. Tästä syystä linnuille muodostuu erittäin helposti suonien punktiopaikkaan jopa vaarallisen suuri hematooma. Verenpurkautuma voidaan kuitenkin ehkäistä käyttämällä riittävän ohutta neulaa (27–25 G) sekä painamalla esimerkiksi pumpulitupolla pistokohtaa muutaman minuutin ajan.

Paikallisuudutteita ei käytetä, sillä pienikokoisilla potilailla myrkytysvaara on suuri.

Esilääkitys

Atropiinin (Atropin®) vaikutukset linnuilla tunnetaan puutteellisesti. Sitä voidaan kuitenkin käyttää rytmihäiriöiden yhteydessä ja voimistamaan sydämen lyöntiä. Annossuositus on 0,02–0,04 mg/kg. Atropiini saattaa aiheuttaa hengitystiehyeiden eritteiden paksuuntumisen tahmeaksi ja sitkeäksi limaksi, mikä voi olla vaarallista.

On myös esitetty epäilyjä, että atropiinin aiheuttama suoliston atonia saattaa joillakin lajeilla olla jopa tappavaa.

Diatsepaamia (Diapam[®], Medipam[®], Ste-solid[®]) on käytetty levottomien, aggressiivisten ja stressiherkkien lajien esilääkityksenä. Myös antikonvulsivinen ominaisuus on eduksi, etenkin **ketamiini**anestesiassa. Annos suositus 0,5–1,5 mg/kg. Vaste vaihtelee suuresti, etenkin jos käytetään i.m.-annostelua.

Midatsolaami (Dormicum[®], Midazolam[®]) soveltuu vesiliukoisuutensa vuoksi myös linnuille i.m. tai s.c. Sen vaikutus alkaa nopeasti. Annos vaihtelee lajista riippuen 0,2–15 mg/kg.

Butorfanolia (Torbugesic[®]) voi käyttää lintujen esilääkitykseen 0,1–1 mg/kg.

Yleisanestesia

Anesteetin valintaan vaikuttavat lintulaji, potilaan yleiskunto, toimenpiteen laatu ja kesto-aika, käsittelijän kokemus ja klinikan varustetaso. Nopea toipuminen anestesiasta on erityisen tärkeää, jos käytettävissä ei ole hoitohenkilökuntaa ja tukihoitoon soveltuvaa varustusta.

Inhalaatioanesteetit

Inhalaatioanesteettien etu on nopea induktio ja toipuminen. Lisäksi inhalaatioanesteetit (ja **happi**) voidaan antaa ohuen kanyylin kautta suoraan ilmapusseihin, jos hengitystiet ovat tukossa. Inhalaatioanesteettien käyttö on epäkäytännöllistä, kun suoritettava toimenpide on pään tai suuontelon alueella.

Nykyään käytetään lähinnä isofluraania ja halotaania. Suositukset anesteetin konsentraatiolle induktiovaiheessa vaihtelevat suuresti antotavan mukaan. Kammioinduktiossa käytetään tavallisesti aluksi suurta konsentraatiota ja kantajakaasun virtausta. Tällöin anesteetin konsentraatio nousee kammiossa vähitellen. Kun induktiovaihe on ohi, ylläpidetään anestesiaa maskilla. Maski-induktiossa on kuollut tila huomattavasti pienempi kuin kammiossa. Kantajakaasun virtaus asetetaan kohtuulliseksi (3–5 l/min; väh. 700 ml/kg/min) ja anesteetin

konsentraatio on aluksi alhainen (0,5–1 %). Pitoisuutta lisätään vähitellen, kunnes saavutetaan haluttu anestesian taso. Lintujen hengitys (kaasujen vaihto) on erittäin tehokas ja liian nopea inhalaatioanesteetin pitoisuuden nostaminen saattaa aiheuttaa tappavan yliannostuksen. Koska kammioinduktio on Suomessa yleisimmin käytetty, on inhalaatioanesteettien kuvauksen yhteydessä esitetty tämän menetelmän mukaiset induktiopitoisuudet.

Isofluraani (Forene[®], Isoba[®] vet, Isoflo[®] vet, Isofluran[®]) on suositeltavin yleisanesteetti linnuille. Sillä on raportoitu olevan hyvin vähän vaikutuksia maksan tai munuaisten toimintaan. Tämä vähentää aineen potentiaalista toksisuutta ja parantaa käytöturvallisuutta etenkin huonokuntoisilla potilailla. Yleensä isofluraanin kanssa käytetään kantajakaasuna pelkkää happea.

Induktiovaiheessa (kammio) voidaan käyttää jopa pitoisuutta 5 % (**happi**virtaus 2–5 l/min), kunnes lintu relaksoituu (noin 1–4 min). Induktiovaihe on tavallisesti rauhallinen, joskin isofluraanin epämiellyttävä haju saattaa joillakin linnuilla aiheuttaa levottomuutta. Anestesiaa ylläpidetään potilaan vasteita seuraten, ohjeellisena arvona voidaan pitää 1,5–3 % isofluraania happivirtauksen ollessa 0,5–1 l/min. Suuriakin yksilöllisiä vaihteluita esiintyy, esimerkiksi **ARAPAPUKAIJOILLA** on raportoitu hengityslamaa induktion jälkeen, joten ylläpitopitoisuuden tulisi niillä olla 0,5–2 %. Linnuilla anestesian syvyys vaihtelee hyvin nopeasti isofluraanipitoisuuden mukaan. Tämä mahdollistaa sopivan anestesiataason käyttämisen erilaisissa toimenpiteissä tai saman toimenpiteen eri vaiheissa, mikä ei ole mahdollista muilla anesteeteilla. Isofluraania yliannosteltaessa on aikaväli apnean ja sydänpysähdyksen välillä ilmeisesti pitkä, mikä parantaa käytöturvallisuutta, helpottaa anestesian seuranta ja antaa aikaa elvytystoimille. Liharelaksaatio on hyvä ja anestesiasta toipuminen nopeata. Anestesian aikana linnun ruumiinlämpö alenee merkittävästi, ellei lämmönhukkaa minimoida. Toipumisen jälkeen ruumiinlämpö palautuu nopeasti.

Halotaanin (Halothane®) suurimmat haittapuoleet ovat sen potentiaalinen maksatoksisuus ja sydämen altistuminen rytmihäiriöille (katekoliamiinien vaikutus). Yliannostustapauksissa aikaväli apnean ja sydänpysähdyksen välillä on huomattavasti lyhyempi kuin isofluraanilla, mikä vaatii anestesiataason tarkkaa seurantaa. Halotaanikonsentraatiota ei saa linnuilla nostaa nopeasti.

Induktioon käytetään 3–4 % halotaania happivirtauksen ollessa 2–3 l/min. Jotkut lähteet suosittelevat **ketamiini-ksylatsiini**-yhdistelmän injisoimista preanesteettina. Tämä helpottaa etenkin suurempien petolintujen käsittelyä huomattavasti. Anestesian ylläpitoon käytetään halotaania 0,75–2 % happivirtauksen ollessa 0,5–1 l/min. Hapen yhdistäminen **typpioksiduuliin** (1:1, halotaanikonsentraatio 0,5–1 %) parantaa lihasrelaksaatiota, mutta sukeltavilla linnuilla kerääntyy ihonalaisiin ilmataskuihin, eikä näin ollen ole niille suositeltavaa. Toipuminen halotaanianestesiasta on suhteellisen nopeata, mutta selvästi hitaampaa kuin **isofluraania** käytettäessä.

Injisoitavat anesteetit

Injisoitavien anesteettien haittapuoli on niiden metabolian aiheuttama kuormitus huonokuntoisten potilaiden elimistölle. Osalle käytettävistä aineista ei ole spesifistä antagonistia. Onkin suositeltavaa antaa pienekö alkuannos, seurata vaikutusta ja lisätä lääkitystä tarpeen mukaan. Alun perin annossuosituksukset on annettu painon mukaan. Useat muut tekijät vaikuttavat kuitenkin ratkaisevasti annostukseen: yleiskunto, ikä, laji, elimistön rasvapitoisuus. Yleensä nuoret ja laihat tai huonokuntoiset linnut vaativat pienempiä annoksia.

Ketamiini (Ketalar®, Ketamine®, Ketaminol® vet) on linnuilla tavallisimmin käytetty injisoitava anesteetti yhdessä **ksylatsiinin** (Narcoxyll® vet, Rompun® vet), **medetomidiniin** (Domitor®), **diatsepaamin** (Diapam®, Stesolid®) tai **midatsolaamin** kanssa.

Eläinsuojelullisista syistä ketamiinia ei pidä käyttää yksin, sillä syvä viskeraalinen analgesia saattaa olla puutteellinen. Anestesian alkuvaiheessa ketamiini voi myös aiheuttaa lihasjäykkyyttä, vapinaa, opistotonusta, siipien hakkaamista ja joskus konvulsioita. Lihasrelaksaatio on enintään kohdalainen ja heräämisvaihekin on usein levoton: lintu on pitkään ataktinen, hakkaa siivillään pää heittelehtien ja saattaa huuata.

Ketamiini-ksylatsiiniyhdistelmällä on induktio yleensä pehmeä ja sillä saavutetaan huomattavasti parempi lihasrelaksaatio ja heräämisvaiheen levottomuus on harvinaisempaa kuin ketamiinia yksin käytettäessä. Tällöin hengitys on tavallisesti vapautunutta ja voimakasta ja relaksaatio hyvä jo alkuvaiheessa. Anestesian syvetessä niska ja siivet veltostuvat. Nielemis- ja luomirefleksi säilyvät, mutta lintu ei reagoi varpaan nipistämiseen. Tarvittaessa ketamiinia voi lisätä puolen tunnin välein.

Ketamiinia ei pidä antaa linnuille, joilla epäillään munuaisten tai maksan toimintahäiriötä. Sitä voidaan kuitenkin käyttää hyväkuntoisen linnun immobilisoimiseksi erilaisten tutkimus- ja hoitotoimenpiteitten ajaksi (röntgen, verinäyte ym.). Toimenpiteen loputtua lintu kiedotaan esim. talouspaperiin ja asetetaan hämääseen, sileäseinäiseen pahvilaatikkoon toipumaan. Paperiin kiedottu lintu säilyttää paremmin ruumiinlämpönsä eikä se pysty hakkaamaan siivillään. Myös hämärä ympäristö vähentää heräämisvaiheen kiihtymystä. Kun lintu pystyy ryömimään paperikääreestään ulos, se pysyy jo tavallisesti myös orrella istumassa. Ketamiinin annossuosituksukset ovat yleensä 20–40 mg/kg i.m. Useimmat **PÖLLÖT** ovat herkkiä ketamiinin vaikutuksille.

Yleisimmin käytetyt **ketamiini-** ja **ksylatsiini**annosten painosuhteet (w/w) ovat 5:1 ja 10:1. Annoksen suuruus ja antotapa riippuu toimenpiteen laadusta ja kestosta. Eräs suositus on sekoittaa ketamiinia 100 mg/ml ja ksylatsiinia 20 mg/ml samassa tilavuussuhteessa (1:1 v/v; taulukko 30-1). Ketamiinin annokseksi tällä seoksella suo-

Taulukko 30-1. Seoksen **ketamiini** 100 mg/ml ja **ksylatsiini** 20 mg/ml (tilavuussuhde 1:1, loppukonsentraatio ketamiinia 50 mg/ml ja ksylatsiinia 10 mg/ml) suositellut enimmäisannokset (ml) eräillä häkkilinnuilla.

Laji	i.m.	i.v.
Undulaatti	0,010	0,005
Nymfipapukaija	0,020	0,010
Lori, rosella	0,070	0,035
Amazon	0,050–0,100	0,025–0,050
Jaco (Afrikan harmaa)	0,080–0,100	0,040–0,050
Kakadu	0,120–0,150	0,060–0,070
Ara	0,150–0,200	0,075–0,100

sitellaan 10–30 mg/kg. Pienillä linnuilla (<250 g) on annos/kg korkeampi kuin suuremmilla linnuilla. Myös lajikohtaisia eroavaisuuksia esiintyy. **UNDULAATILLE** (30 g) on suositeltu kokonaisannosta ketamiini 1,5 mg ja ksylatsiini 0,3 mg i.m. Suonensisäinen annostelu on erittäin käyttökelpoinen lyhyissä toimenpiteissä. Tällöin annosta pienennetään 30–50 %. On myös käytetty ketamiinin (50 mg/ml) ja ksylatsiinin (20 mg/ml) seosta tilavuussuhteessa 2:1. Annoksella 0,1–0,15 ml/kg i.v. on saatu hyviä tuloksia suuremmilla **PAPUKAIJOILLA**. Induktio vie muutaman sekunnin, lihasrelaksaatio on erittäin hyvä ja toipuminen (noin 10–15 minuutin kuluttua injektioista) on rauhallista. Lintu pystyy istumaan orrella joskus jo noin 30 min kuluttua. Ksylatsiinin vaikutus voidaan tarvittaessa kumota α_2 -antagonisteilla. Sopiva annos **atipametsolia** (Antisedan®) on 1 mg/10 mg ksylatsiinia kohti. Ketamiini-ksylatsiiniyhdistelmissä antagonistien käyttö rajoittuu lähinnä hätätapauksiin, sillä ketamiinin vaikutuksia ei kumota ja ksylatsiinin vaikutuksen poistaminen lisää toipumisvaiheen rauhattomuutta.

Ketamiini voidaan myös yhdistää **diatsepaamin** kanssa. Diatsepaami annostellaan muutamaa minuuttia ennen tai yhdesä ketamiinin kanssa. Käytettävät annokset vaihtelevat erittäin suuresti lajin mukaan. Useimmiten suositellaan i.m./i.v.-annostus-

ta ketamiini 10–50 mg/kg ja diatsepaami 0,5–2,0 mg/kg.

Medetomidini- (Domitor®) **ketamiini**-yhdistelmän vaikutus i.m.-injektion jälkeen alkaa muutamissa minuuteissa. Annosvaste on odotuksen mukainen, turvallisuusmarginaali on hyvä, eikä yhdistelmä aiheuta eksitaatiota pienilläkään annoksilla. Analgesia on saavutettavissa turvallisilla annoksilla. Pienet linnut (<200 g) tarvitsevat merkittävästi isompia annoksia/kg kuin ohjeannokset isommille, toisaalta esimerkiksi **KAKADUT** hiukan pienemmän annoksen, ja taas **AMAZON** "yläkanttiin". Sairaille ja huonokuntoisille riittää puolet tai neljännes ohjeannoksesta.

Yleisohje: medetomidiniä 100 µg/kg ja ketamiinia 5 mg/kg i.m. Vaikutus alkaa 5–10 minuutissa ja kestää 15–40 minuuttia. Suonensisäisesti annetaan 1/3–1/2 annoksesta.

Reversion voi suorittaa **atipametsolia** (Antisedan®) käyttäen, mikäli ketamiinin annos pidetään alhaisena. Antisedan®-valmistetta annetaan i.m. vastaava tilavuusmäärä kuin medetomidiniä on annettu. Pienen ketamiiniannoksen ansiosta herääminen on hallittu ja rauhallinen.

Alfaksaloni-alfadoloni (Althesin®, Safan®) saavutetaan huomattavasti parempi lihasrelaksaatio kuin pelkällä **ketamiinilla**. Turvallisuus on ketamiinia alhaisempi. Alfaksaloni-alfadoloni metaboloituu nopeasti ja soveltuu hyvin lyhyiden toimenpiteiden anesteetiksi. Annossuositus 2–10 mg/kg i.v., **UNDULAATILLE** on suositeltu myös annostusta 36 mg/kg i.m. tai 3,3–14 mg/kg i.v.

Propofolin (Rapinovel® vet) turvallisuusmarginaali on linnuilla pieni. Monilla lajeilla se lamaa huomattavasti hengitystä. 2–6 mg/kg i.v. saa aikaan nopeasti alkavan ja hyvän lihasrelaksaation.

Anestesian seuranta ja elvytys

Potilasta tulee seurata induktion, ylläpito-vaiheen ja toipumisen aikana. Hengitysfrekvenssi ja -tyyppi, pedaalivaste, luomirefleksit sekä erilaiset elektroniset seurantalaitteet ovat yleisimmin käytettyjä.

Anestesian tasot

Inhalaatioanesteetteja (etenkin **isofluraania**) käytettäessä lintu relaxoituu tavallisesti hitaasti ja vaipuu anestesiaan ilman edeltävää eksitaatiovaihetta. Useisiin toimenpiteisiin sopivassa anestesiaasyvyydessä on hengitys hidasta ja tasaista, kloakan sfinkteri reagoi lievästi ja varpaan nipistys aiheuttaa lievän vasteen. Isofluraania käytettäessä on hengitysfrekvenssi usein induktiovaiheessa kohonnut ja saattaa olla luokkaa 50–80 minuutissa. Frekvenssi alenee kuitenkin 25–35 kertaan minuutissa vaikutuksen syvetessä. Jos hengitysfrekvenssi on <25, tulee haihduttaja asettaa 0-asentoon. Tällöin isofluraanin pitoisuus putkistossa ja maskissa asteittain vähenee ja lintu stabiloituu. Happivirtausta vähentämällä voidaan välttää isofluraanipitoisuuden liian nopea aleneminen.

Hätätilanteet

Hengitys- tai sydämfrekvenssin aleneminen tai huomattava ruumiinlämmön lasku ovat usein ensimmäiset huolestuttavat löydökset. Taulukossa 30-2 on esitetty toimenpiteitä, joihin tulee ryhtyä, jos inhalaatioanestesian aikana todetaan hengityspysähdys.

Jos anesteettina on käytetty **ketamiini-ksylatsiini** -yhdistelmää, voidaan hätätaapauksissa antaa **happea** sekä kumota ksylatsiinin vaikutus **atipametsolilla** tai **johimbiinilla** (Antagonil®). Doksapraamia on käytetty hengityksen stimuloimiseksi.

Jos linnun toipuminen anestesiasta on hidastunut, on eduksi hoitaa mahdollista hypotermiaa, hypoglykemiaa, shokkia ja asidoosia. Tarvittaessa voidaan antaa **kortikosteroideja**, nesteitä (myös suonensisäisinä boluksina) tai hengitystä stimuloivia aineita kuten doksapraamia.

Strutsin anestesia

Yleistä

Strutsit kuuluvat sileälastaisten (*ratites*) ryhmään. Nimensä mukaisesti niillä on rintalasta litteä, eikä kölimäinen kuten yleensä

Taulukko 30-2. Toimenpiteet hengityspysähdyksessä.

- Irrota lintu anestesia-laitteesta.
- Aloita tekohengitys painamalla sormin rytmisesti rintalastan harjaa (n. 40/min) ja/ tai "räpyttele" siipiä.
- Kytke haihduttaja 0-asentoon ja huuhtelee kanavisto puhtaalla hapella.
- Kytke lintu uudelleen laitteeseen ja anna pelkkää happea.
- Jatka tekohengitystä, kunnes linnun spontaani hengitysfrekvenssi on tasolla 25–30 kertaa minuutissa.

sä linnuilla. Strutsit eivät lennä, niillä ei ole lentolihaksia ja pienet siivet voivat vaurioitua varomattomasta käsittelystä. Jalat ovat pitkät ja voimakaslihaksiset, varsinkin keskimäinen varvas hyvin kehittynyt ja tehokas hyökkäys- ja puolustusväline. Strutsit ovat pakenevia eläimiä ja panikoituvat helposti, toisaalta erikoisesti urokset voivat käyttäytyä aggressiivisesti ihmistä kohtaan. Urokset painavat noin 160 kg ja ovat 3 m korkeita, naaraat vastaavasti 120 kg ja 2,5 m. Erikoisen anatomiansa ja fysiologiansa vuoksi strutsi ei ole helppo nukutettava ja poikasten nukuttamista tulee välttää. Jos strutsi ei pysy jaloillaan, on nukutus sille ilmeisen vaarallinen. Huonokuntoisen potilaan nukutusaineannoksen voi joutua puolittamaan.

Huomioitavaa

Aikuisen strutsin kiinniottamisessa on avuksi pakkopilttuu tai suojalevy, minkä avulla voi suojautua potkuilta. Pimeys on tehokas rauhoittamismenetelmä, kuten myös silmät peittävä huppu. Strutsit sietävät hupun yleensä hyvin. Huppu eli kangasputki vedetään ranteen yli valmiiksi, strutsia otetaan nokasta kiinni ja huppu vedetään yli pään, sieraimet jäävät näkyviin, putki ulottuu kolmasosan kaulaa alas. Hupussa on hyvä olla nauha, jonka avulla sen voi vetää pois, jos eläin panikoituu, kuten EMUT ja NANDUT helposti tekevät. Toinen keino immobilisoida strutsi on ottaa päästä kiinni ja laskea se ripeästi lähelle

maata, jolloin lintu ei voi potkaista eteenpäin, vaan yleensä peruuttaa nurkkaan ja istuu. Poikaset voidaan hallita nostamalla ne yksinkertaisesti syliin selkäranka vasten nostajan rintaa, jalat ilmaan sivulle.

Aikuisella linnulla nukutusta pitäisi edeltää 12–24 h paasto regurgitaation estämiseksi. Poikasilla se ei ole suotavaa, koska niiden maksan glykogeenivarastot eivät riitä verensokerin ylläpitämiseen nukutuksen aikana. Strutsilintujen metabolia on hyvin nopea, mistä syystä aikuisillakin linnuilla tulee käyttää glukoosipitoisia infuusioliuoksia. Infuusionopeus 5–10 ml/kg/h.

Varsinkin poikaset ja sairaat, laihat (rintalastan etuosassa ja lantion päällä ei lainkaan rasvaa) yksilöt ovat alttiita hypotermialle. Infuusioliuokset tulee lämmittää, leikkaushuoneen tulee olla lämmin, potilaan alustan lämmitettävä tai vähintään eristävä. Mikäli käsittelyn tai induktion aikana lintu on kamppailut ja valmiiksi hyperterminen tai ympäristön lämpötila on korkea, tulee huolehtia vastaavasti viilentämisestä.

Injektiot voidaan antaa lihaksensisäisesti *lumbosakraalialueelle* tai jalkoihin. Lintujen munuaisten porttilaskimosysteemi voi vaikuttaa aineiden eliminoitumisnopeuteen, ja erityisesti tulisi varoa injisoimasta munuaistoksisia aineita ruumiin takaosaan. Suonensisäisiin injektioihin käytetään *v. jugularista* (oikea kehittynyt suuremmaksi) ja mediaalista *metatarsaalilaskimoa*. Kestokäynyliä ei voida teipata kaulaan, koska nieleminen saattaa estyä. Infuusionesteitä voidaan antaa intraossealisesti *ulnaan* ja *tibiaan*.

Nukutetun strutsin alustan pitää olla pehmeä, lisätuet ja pehmusteet ovat tarpeen ehkäisemään neuropatioita ja myosiitteja. Muista linnuista poiketen sileälaskettaiset hengittävät "lateraalisella" liikkeellä, jolloin ventraalinen makuuasento ei haittaa hengitystä, mutta varsinkin pitkissä nukutuksissa tulee tarpeen mukaan hengityttää potilasta, joka on kyljellään tai selällään. Pitkän kaulan vuoksi pää tuetaan korkeammalle kuin sydän turvotusten ja

regurgitaation estämiseksi. Intubaatioissa käytetään isoja tuubia, mansetti täytetään varoen, sillä lintujen trakeanrenkaat ovat yhtenäiset ja limakalvo joutuu helposti liian suuren paineen alle. Myös henkitorvi on hyvin pehmeä ja voi painua kasaan lihasten ja kaularangan painosta. EMUILLA on kaulan alueella trakeanrenkaissa avannealue (ilmalla täyttyvä pussi), joka eliminoidaan kaasukierrosta teippaamalla nukutuksen ajaksi: pussin kohdalle kaulan ympärille teipataan mansetin tapainen väljä rengas anestesian ajaksi.

Tyypillisiä nukutuskomplikaatioita ovat loukkaantumiset induktion tai heräämisen yhteydessä, regurgitaatio, hypoglykemia ja räsitukselta aiheutuva lihasvaurio. Vapautuva myoglobiini vaurioittaa myös munuaisia. Strutsi pitää saada seisoma-asentoon viimeistään 24 h:n kuluttua nukutuksen jälkeen.

Anestesian syvyyden seurannassa käytetään sydänsykeä (50–100/min nukutuksessa, hereillä 100–150 nuorilla, 80 aikuisilla) ja rytmisiä auskultoiden kylkiluiden läpi lateraalisesti. Lyöntivoiman voi arvioida rintalastan alueen ja siipien sulkien liikkeestä. Hengitystiheys (vähintään 8/min, suotavaa 24–40/min) vaihtelee nukutusmenetelmän myötä. *Apnea* ilmenee usein heti induktion yhteydessä tai 15–20 min kuluttua. Tällöin on potilasta hengityttävä (6–30/min 10–20 cmH₂O paineella), sillä asidoosi voi johtaa sydänpysähdykseen. Lihastonius kaulassa on poissa inhalatioanestesiassa kirurgisella tasolla, mutta ei yhtä luotettava kriteeri injisoitavien aineiden yhteydessä. Sarveiskalvorefleksin puute on yleensä osoitus liian syvästä anestesian tasosta. Veren kaasupitoisuuksien, EKG:n ja valtimopaineen mittaaminen lisäksi antaa luonnollisesti vielä paremman kuvan potilaan tilasta.

Heräämisvaiheessa tulee mahdollisuuksien mukaan rajoittaa potilaan liikkuamista: poikaset voidaan kääriä jopa pyyhkeeseen, isommat sijoitetaan koppiin, sidotaan "valjailla" istualleen, huone pidetään pimeänä ja tarvittaessa käytetään esim.

Taulukko 30-3. STRUTSIN sedaatioon käytettyjä annoksia.

Lääkeaine	annos (mg/kg)	antotapa	Huom!
Asepromatsiini	0,1–0,2 0,25–0,50	i.v. i.m.	kuljetus, adaptaatio olosuhteisiin
Atsaperoni	0,5–2,0	i.m.	
Diatsepaami	0,22–1,00 0,1–0,3	i.m. i.v.	
Ksylatsiini	0,2–1,0	i.m.	
Detomidiini	1,5	i.m.	GI analgesia
Medetomidiini	0,1	i.m.	

Taulukko 30-4. STRUTSIN anestesian lääkeyhdistelmiä.

- Esilääkitys: **diatsepaamia** 0,3–0,5 mg/kg i.m., 15 min kuluttua i.v. **diatsepaamia** sekä **ketamiinia** 0,25 ja 5 mg/kg, anestesian ylläpito **halotaanilla** tai **isofluraanilla**.
- Esilääkitys: **ksylatsiinia** 2,2 mg/kg i.m., 15 min kuluttua **ketamiinia** 2,2–3,3 mg/kg i.v. Nukutuksen kesto 15–25 minuuttia.
- **Tiletamiini-tsolatsepaami** 2–8 mg/kg i.v., 4,4 mg/kg i.m.; vaikutusaika pitenee annosta lisättäessä, lääkkeen vaikutus alkaa i.v.-annostuksesta 15 sekunnissa ja kestää 20–40 minuuttia.
- **Ksylatsiini** ja **ketamiini** 0,2–0,3 & 2–5 mg/kg i.v.
- **Diatsepaami** ja **ketamiini** 0,2–0,3 & 2–5- mg/kg i.v.

diatsepaamia (Diapam®, Medipam®, Stesolid®; 0,1–0,3 mg/kg) rauhoittamiseen. Postoperatiiviseen analgesiaan käytetään esim. **butorfanolia** (Torbugesic®) 0,05–0,5 mg/kg i.v. tai i.m.

Antikolinergien käyttö

Mikäli nukutuksen aikana sydänfrekvenssi putoaa alle 30–35/min tai havaitaan muuten merkittävä äkillinen lasku, tai lyöntivoimakkuudessa tai limakalvojen värissä muutos, voidaan käyttää **atropiinia** (Atropin®, 0,035 mg/kg i.m.) tai ehkä ensisijaisesti **glykopyrronia** (Glycostigmin®, Robinul®; 0,011 mg/kg i.v.). Antikolinergit lisäävät limanerityksen viskositeettia ja aiheuttavat hengitysteissä tukoksia.

Sedaatio

Sedaatioon käytettyjä aineita annoksi-
neen on esitetty taulukossa 30-3.

Opioidit

Yleisesti ottaen opioidit aiheuttavat rajuja induktioita ja heräämisiä. Yhdistettynä α_2 -agonisteihin opioideista on käytetty **etorfiinia** (M99®) ja **karfentaniilia** (Wildnil®).

Inhalaatioanesteetit

Isofluraanin (Forene®, Isoba® vet, Isoflo® vet, Isofluran®) käyttö on turvallisin menetelmä kirurgiseksi anestesian saavuttamiseksi. Intubaatio antaa lisäksi mahdollisuuden hengityttämiseen. Isofluraania voi käyttää indusointiinkin, jos immobilisaatio on hyvä. Hengitysfrekvenssin nousua on raportoitu isofluraanianestesian aikana, eikä se ole siis merkinä kevyestä anestesiasta. **Halotaani** (Halothane®) hitaampana indusoimaan ja myös eliminoitumaan vaatii enemmän varovaisuutta. Taulukossa 30-4 on lueteltu eri lääkeyhdistelmiä strutsin anestesiaan.

31. Matelijoiden anestesia

Timo Soveri

Anestesiaa tarvitaan matelijoilla yleisesti kirurgisissa toimenpiteissä, usein myös helpottamaan kliinistä tutkimusta. Suurin ongelma matelijoiden anestesiassa on laaja lajivalikoima. Eri lajien anatomiset ja fysiologiset ominaisuudet ja näin ollen myös niiden vaste nukutusaineille voivat erota toisistaan huomattavastikin. Eläinlaji ja yksilön koko vaikuttavat myös anestesiavälineiden valintaan. Seuraavassa esityksessä on keskitytty niihin nukutusaineisiin, jotka on käytännössä todettu toimiviksi ja joita on helposti saatavilla Suomesta.

Esivalmistelut

Esivalmisteluissa on erityisesti otettava huomioon ympäristön lämpötila, eläinlaji, sen kunto ja tarvittavat välineet. Matelijat ovat vaihtolämpöisiä eläimiä, joten niiden aineenvaihdunnan nopeus on riippuvainen ympäristön lämpötilasta. Mitä alhaisempi se on, sen hitaammin tapahtuu anestesian induktio ja nukutuksesta herääminen. Kylmettämistä on jopa aikaisemmin käytetty matelijoiden nukutusmenetelmänä, mutta huonon tehon ja vakavien haittavaikutusten vuoksi siitä on luovuttu. Nukutuksen ja heräämisen on tapahduttava lämpimässä (25–32 °C) ympäristössä, lähellä käsiteltävän eläinlajin lämpötilaoptimia.

Jos eläin on huonokuntoinen tai sairas, on syytä tarkoin harkita, voidaanko se nukuttaa. Mikäli mahdollista, hoidetaan eläin ensin parempaan kuntoon ennen anestesiaa. Seuraavat seikat on otettava huomioon huonokuntoista matelijaa nukutettaessa: 1) käytä mieluiten inhalaatioanestesiaa, 2) jos käytät injektioanesteettina **ketamiinia**, aloita pienillä annoksilla. Älä koskaan käytä ketamiinia matelijalle, joka sairastaa munuaistautia tai on selvästi dehydroitunut.

Varsinkin inhalaatioanestesiassa tarvitaan kunkin kokoiselle eläimelle sopivat,

usein itsevalmistetut erikoisvälineet. Näiden on luonnollisesti oltava valmiina jo ennen anestesian aloittamista.

Jos ei ole käytössä elektronisia seurantalaitteita, asetetaan eläin niin, että sen hengitystä voidaan seurata. KÄÄRMEEN sydän (sijaitsee n. 1/3 eläimen pituudesta päästä kaudaalisesti) on hyvä merkitä esim. teipillä, jotta sydän voidaan nopeasti paikallistaa ja sydänlönnit tarkistaa.

Kipulääkitys

Kipulääkityksen tarpeellisuus, lääkeaine ja antoajankohta tulee harkita jo ennen anestesiaa. Matelijoiden kipulääkityksen indikaatiot ja lääkkeen valintakriteerit ovat hyvin samantyyppiset kuin nisäkkäillä, joskin tarkat, lajikohtaiset tiedot useimmista kipulääkkeistä puuttuvat. Joitakin yleisiä annossuosituksia voidaan kuitenkin antaa: **opioideista** voidaan käyttää **buprenorfiinia** (Temgesic®) 0,005–0,01 mg/kg i.m. 24–48 tunnin välein tai **petidiiniä** (Petidin® Ipex) 20 mg/kg 12–24 tunnin välein. Tu- lehduskipulääkkeistä käyttökelpoisia ovat **karprofeeni** (Rimadyl®) 1–4 mg/kg p.o., s.c., i.m. tai i.v. 24 tunnin välein, **fluniksiinimeglumiini** 0,1–0,5 mg/kg i.m. 12–24 tunnin välein korkeintaan 3 vuorokautta, **ketoprofeeni** (Comforion® vet, Keto®, Ketomex®, Ketorin®, Orudis®, Romefen® vet, Zon®) 2 mg/kg s.c., i.m. 24 tunnin välein ja **meloksikaami** (Metacam®) 0,1–0,2 mg/kg p.o. 24 tunnin välein.

Esilääkitys

Vaikka limanmuodostus hengitysteissä ei yleensä ole ongelma matelijoilla, voidaan esilääkityksenä käyttää **atropiinisulfaattia** (Atropin®) 0,01–0,02 mg/kg i.m. noin 10 minuuttia ennen nukutusta. Erityisen suositeltavaa se on silloin, kun käytetään inhalaatioanestesiaa ja/tai eläin joudutaan nukuttamaan syvään esim. laparatomioi-

den yhteydessä. Näin estetään voimakkaan bradykardian kehittyminen.

Paikallispuudutus

Pienissä, alueellisesti rajoittuneissa toimenpiteissä voidaan käyttää **infiltraatiopuudutusta**, esimerkiksi 1–2 % **lidokaiini**liuosta ilman adrenaliinia (Lidocain[®], Xylocain[®]).

Yleisanestesia

Inhalaatioanestesia

Parhaat inhalaatioanesteetit matelijoiden anestesiassa ovat **halotaani** (Halothane[®]) ja **isofluraani** (Forene[®], Isoba[®] vet, Isoflo[®] vet, Isofluran[®]) sekoitettuna happeen. Näillä on monia etuja injisoitaviin anesteetteihin verrattuna: ne ovat tehokkaita ja turvallisia, induktio ja herääminen ovat nopeita, eläimen tarkalla painolla ei ole merkitystä, anestesian taso ja kesto on helppo säädellä, hapen anto ja tekohengitys on helppoa ja toksisuus on vähäistä. Isofluraani on vähän halotaania turvallisempi.

Induktiotapa riippuu eläinlajista, käytettävissä olevista välineistä, eläimen koosta ja sen kunnosta. Paras tapa on yleensä maskin käyttö tai eläimen intubointi suoraan (KÄÄRMEILLÄ melko helppoa). Hyvin pienet intubaatioletkut tai hiljalleen laajenevat katetrit ovat tässä toimenpiteessä hyviä. Inhalaatioanesteettia voidaan myös kaataa pumpuliin, joka laitetaan muovipussiin tai tiiviiseen astiaan. Sinne laitetaan koko eläin tai sen pää (esimerkiksi KÄÄRMEET). Inhalaatiokoneesta voidaan johtaa ainetta hapen kanssa astiaan. Useat lajit pystyvät kuitenkin olemaan hengittämättä pitkiä aikoja. Tällaisissa tilanteissa induktioaika saattaa pidentyä useiksi tunneiksi. Induktiossa käytetään 3–5 % pitoisuuksia. Induktioon voidaan hyvin käyttää myös mm. **ketamiinia** tai **propofolia** (⇒ injektioanestesia), joka usein onkin paras vaihtoehto.

Anestesiaa voidaan jatkaa edellä kuvatuilla menetelmillä. Jos mahdollista, eläin intuboidaan. Ylläpitoon käytetään 1–3 % **halotaania** tai 1,5–3 % **isofluraania**. Hengi-

tysfrekvenssin on jatkuvasti oltava vähintään kaksi kertaa minuutissa. Sopiva kaasuvirtaus on hieman yli kaksi kertaa suurempi kuin eläimen hengityksen minuuttilavuus. Tämä tarkoittaa yleensä 300–500 ml kaasuseosta/elopainokilo minuutissa.

Injektioanestesia

Ketamiinihydrokloridi (Ketalar[®], Ketamine[®], Ketaminol[®] vet) on suosituin injisoitava anesteetti matelijoiden nukutuksessa.

Induktioon ja useisiin toimenpiteisiin riittää yleensä 20–60 mg/kg i.m. Injektio annetaan KILPIKONNILLE eturaajan tyveen ja KÄÄRMEILLE selkäpuolelle. Induktioaika vaihtelee. Yleensä se on 10–30 (–60) minuuttia. **Ylläpitoon** voidaan tämän jälkeen käyttää **isofluraania**, **halotaania** tai **ketamiinia**. Ketamiinin lisäys pienehköin annosin (10 mg/kg) 30(–60) minuutin välein nukutuksen jatkamiseksi tai syventämiseksi voidaan tehdä useita kertoja melko turvallisesti. Syvempään anestesiaan (esim. laparotomiat) ja erityisesti KÄÄRMEILLÄ ja KILPIKONNILLA tarvitaan yleensä annos 50–130 mg/kg. Monet LISKOT vaipuvat kirurgiseen anestesiaan jo annoksella 25–30 mg/kg. Jos annos lähenee 100 mg/kg, ovat hengityspysähdykset yleisiä. Ketamiini ei ole oikein hyvä tavoiteltaessa kirurgista anestesiaa. **Propofoli** on tässä tarkoituksessa huomattavasti parempi.

Ketamiinia on myös kokeiltu yhdistää muihin aineisiin kuten nisäkkäillä, erityisesti α_2 -adrenergisiin agonisteihin paremman anestesiavaikutuksen ja lihasrelaksaation aikaansaamiseksi. **Ksylatsiinista** (Narcoxy[®] vet, Rompun[®] vet) tulokset ovat kohtalaisia tai huonoja. Vaikuttaa siltä, ettei se matelijoilla juurikaan anna lisäetua pelkkään ketamiiniin nähden. **Medetomidini** (Domitor[®]) sen sijaan on parempi. Annos tällöin on ketamiinia 5–10 mg/kg i.m. ja medetomidiniä 0,1–0,3 mg/kg i.m. Tämän yhdistelmän etuna on se, että **atipametsolia** (Antisedan[®]) voidaan käyttää heräämisvaiheessa viisinkertaisena annoksena annettuun medetomidiniin verrattuna.

Alfaksaloni-alfadoloni (Saffan[®]) annoksella 9–18 mg/kg lihaksensisäisenä injektio-

na on melko turvallinen ja hyvä nukutusaine KILPIKONNILLE ja LISKOILLE. Vasteessa on tosin aika paljon eroja, erityisesti KÄÄRMEILLÄ, joilla yleensä saadaan nopea induktio annoksella 9 mg/kg i.v. **Tiletamiini-tsolatsepaami** (Telazol®, Zoletil®) sopii annoksella 10–20 mg/kg i.m. hyvin KÄÄRMEIDEN ja KILPIKONNIEN sedaatioon esim. helpottamaan intubaatiota. Suuremmilla annoksilla vasteet vaihtelevat. Annoksella 30 mg/kg i.m. saadaan LISKOILLE kirurginen anestesia, jonka induktio on nopea.

Propofoli (Rapinovel® vet) on erittäin hyvä anesteetti kaikille matelijoille. Se suositellaan annettavaksi i.v. mutta voidaan antaa myös intraossealisesti kilpikonnille ja liskoille, ja intrakardiaalisesti käärmeille. Erityisen hyvä propofoli on silloin kun halutaan nopeaa, tehokasta vaikutusta ja hyvää relaksaatiota esimerkiksi intubaation yhteydessä tai jos on tarvetta syventää nukutusta kesken leikkauksen. Anestesia kestää 15–25 minuuttia. Hengityskatkoksiin ja bradykardiaan on syytä varautua. Kilpikonnien alkuannos on 12–15 mg/kg i.v. Ylläpitoon voidaan antaa 1 mg/kg/min. Liskojen ja käärmeiden alkuannos on 5–10 mg/kg i.v. ja ylläpitoannos 0,25 mg/kg/min. Annettaessa propofolia muiden nukutus- ja rauhoitusaineiden lisäksi tulee edellä mainitut annokset puolittaa.

Hengityspysähdykset

Hengityspysähdykset ovat yleisiä erityisesti käytettäessä propofolia tai suuria **ketamiini-**

niannoksia. Siitä ei pidä kuitenkaan huolestua, sillä sydänpysähdykset ovat harvinaisia. Joskus riittää pelkkä ventraalisen etuosan painaminen sormella (KÄÄRMEET, LISKOT) tai eturaajojen työntäminen pumpausliikkeillä kilven sisään (KILPIKONNAT). Tämän jälkeen eläin usein spontaanisti vetää henkeä 1–2 kertaa. Mikäli tätä reaktiota ei synny, on eläimelle annettava ruiskulla ilmaa intubaatioletkun kautta niin paljon, että rintakehä nousee havaittavasti. Tässä luonnollisesti auttaa jos eläin on valmiiksi intuboitu. Vähimmäisvaatimus on, että sopivan kokoiset intubaatiovälineet ovat nopeasti saatavilla. Näitä kahta menetelmää voidaan myös käyttää limittäin. Pyrkimyksenä on päästä vähintään kahteen keuhkohenkeeseen minuutissa. Tekohengitystä voidaan joissakin tapauksissa joutua antamaan jopa parin tunnin ajan ennen kuin eläin rupeaa itse hengittämään. Jos toimenpiteen päätyttyä eläimellä on yhä hengityspysähdyksiä, voidaan **doksapraamia** (Dopram®) yrittää käyttää stimuloimaan hengitystä annoksella 5 mg/kg i.m. tai i.v.

Herääminen

Eläin laitetaan heräämään hiljaiseen, hämärään ja lämpimään paikkaan. Inhalatio- ja propofolianestesiasta herääminen on yleensä melko nopeata, 1–4 tuntia. **Ketamiini**anestesiasta eläin herää hitaammin. Siihen kuluu aikaa useista tunneista jopa useisiin vuorokausiin.

32. Luonnonvaraisten ja eläintarhan eläinten immobilisaatio ja anestesia

Eeva Rudbäck

Oli villieläin miten vaarattomalta vaikuttava tahansa, yhteisen hyvän kannalta on järkevää syventyä immobilisaatiotapaan ja nöyrästi kuunnella kokeneiden ohjeita. Jokaisen elävän elämä on sen verran arvokas, ettei sitä pidä menettää tietämättömyyden tai valmistautumattomuuden takia.

Kaikki eläinlajit eivät vaadi kemiallista immobilisaatiota jokaiseen toimenpiteeseen, joskus joillekin lajeille saattaa riittää, että harjaantunut, lajin tunteva käsittelijä estää niiden liikkumisen fyysisesti. Oletustasona voidaan pitää, että alle 5 kg painavaa eläintä, vaarallisuudesta riippuen, ei tarvitse nukuttaa kaukoinjektiovälineiden avulla, vaan se voidaan immobilisoida esimerkiksi haavilla tai loukulla. Eläinlaji on tietenkin tunnettava; esimerkiksi yhtenä aggressiivisimpänä ja arvaamattomimpänä kissaeläimenä pidetään noin neljän kilon painoista leopardikissaa.

Tässä luvussa keskitytään pääsääntöisesti sen verran kookkaisiin nisäkkäisiin, että ne on nukutettava kaukoinjektioilla ja muulla tavoin pyydystettävät lajit on jätetty tarkemmin käsittelemättä.

Indikaatio, vastuu ja eläinsuojelu

Villieläinten immobilisaatio niin luonnossa kuin tarhassakin on sen verran vaativaa puuhaa, ettei siihen pidä ryhtyä impulsiivisesti vaan harkiten ja suunnitelmallisesti. Indikaation tulee olla vahvasti perusteltu, myös eläinsuojelullisesti. Immobilisaatiosta saatavan edun tai tiedon on oltava sen arvoisia, että aiheutuvat riskit ovat hyväksyttäviä.

Kemialliseen immobilisaatioon ryhtyvä eläinlääkäri on vastuussa eläinten, toimintaryhmän sekä sivullisten ihmisten turvallisuudesta. Jos käytetään ainoastaan fyysisistä

immobilisaatiota, eläinlääkäriin täytyy pystyä arvioimaan käytetyn menetelmän vaikutukset eläimen hyvinvoinnin kannalta. Etenkin käytettäessä ns. passiivista pyydystä (ansa tai loukku, joka ei ole jatkuvassa ihmisen tarkkailussa eikä siten välittömän toiminnan kohteena) on sen oltava rakenteeltaan eläimelle turvallinen ja suojassa viimalta sekä paahteelta. Passiivisia pyydyksiä käytettäessä tulee myös muistaa, että mitä pidemmän ajan eläin on loukussa sitä todennäköisemmin mahdollisuudet luotettavan perustutkimus- tai diagnostiikkatiedon saamiseksi estyvät. Loukussaoloaika on aina pyrittävä minimoimaan, jottei tutkimuskohteesta saatu informaatio olisi vain eläimen stressifysiologiasta kertovaa!

Immobilisoitiin villieläin millä tavalla tahansa, on aina vältettävä tarpeetonta kärsimystä. Kotieläinten käsittelyyn verrattuna hankalin eroavaisuus on se, että luonnonvaraiset ja tarhatut villieläimet kokevat ihmisen yleensä suureksi uhaksi. Siksi on hyvin tärkeää tietää miten helposti kohde-eläinlaji stressaantuu käsittelykelvottomaan tilaan ja miten lähelle eläintä pääsee ennen kuin se sääntää pakoon tai ahdistajan kimppuun. Kunkin lajin pakoetäisyyden, reaktiotapojen ja liikkeiden manipulatiomahdollisuuksien tunteminen on ensiarvoisen tärkeää. Yllättävästi sukulaislajit käyttäytyvät stressitilanteessa toisistaan poikkeavasti.

Niin fyysinen kuin kemiallinenkin immobilisaatiotilanne voi kehittyä sellaiseksi, että kohde-eläimelle voidaan olettaa aiheutuvan merkittävää haittaa tai jopa hengenvaaraa. Tällöin on toiminnasta vastaavan henkilön (useimmiten eläinlääkäri) keskeytettävä toimenpide silläkin uhalla, että halutut näytteet tai mittaustulokset jäävät saamatta.

Yksineläjä vai lauman jäsen; syöjä vai syötävä, yö- vai päiväaktiivinen?

Jos nukutetaan laumaeläimiä, on tiedettävä tai pystyttävä jollain todennäköisyydellä arvioimaan, millä tasolla arvojärjestyksessä kohde-eläin on ja miten ryhmä reagoi, jos tämä yksilö joutuu ihmisen käsittelyn kohteeksi. Lauma helposti tappaa omin keinoin yksilöt, jotka voivat oudolla käytöksellään tai vierailta hajullaan houkutella petoja ryhmän uhkaksi. Samasta syystä laumaeläintä ei lähes poikkeuksetta voida erottaa tovereistaan kovinkaan pitkäksi ajaksi tai vierashajuiseen paikkaan.

Perheyhteisöön kuuluvaa eläintä nukutettaessa on aina mietittävä perheen sisäistä dynamiikkaa. Poikaset voivat eksyä emän nukahdettua, tokkurainen emo voi vahingoittaa jälkeläisiään tai ihmiselle haiseva poikanen ei ehkä kelpaakaan takaisin emolle.

Harjaantumattoman kannattaa nukuttaa yksittäisiä eläimiä ennen kuin ryhtyy ryhmäkaatoihin. Kokenut villi- tai eläintarhaeläinlääkäri voi hallita tilanteen, jos enustettavasti käyttäytyviä eläimiä nukutetaan 3–5 yksilöä ja läsnä on kokeneita avustajia. Jokaiselle eläimelle tulisi varata oma immobilisaation seuraaja, joka pystyy havaitsemaan mahdolliset komplikaatiot ja ilmoittamaan niistä eläinlääkärille.

On merkittävää, mihin aikaan päivästä eläin käsitellään. Päiväaktiivinen eläin on rauhallisimmillaan hämärässä, yöeläin on vastaavasti rauhallinen valoisaan aikaan.

Tunne eläinlaji ja vältä ääriolosuhteita!

Kenenkään elämää kunnioittavan eläinlääkärin ei tule ryhtyä immobilisoimaan (fysisesti tai farmakologisesti) luonnossa elävää tai tarhattua villieläintä tuntematta kohdelajin anatomiaa, fysiologiaa, elintapoja ja -rytmiä eri vuodenaikoina ja erilaisissa elinvaiheissa.

Koskaan ei tule toimia ilmastollisesti tai eläinlajin vuosittaisen elinrytmin suhteen ääriolosuhteissa, ellei se ole välttämätöntä.

Villillä potilasta ei yleensä päästä tutkimaan ennen immobilisaatiota; yleiskunnon

ja painon arviointi voi olla vaikeaa. Eläinlajin vuosittaisen rytmin perusteella voidaan arvioida, mikä on keskimäärin eläimen kunto käsittelyajankohtana. Kuivalla kaudella ja talvella eläimet usein kärsivät aliravitsemuksesta, sadekaudella ja kesällä kunto on todennäköisimmin parempi, niin luonnossa kuin luonnonrytmin huomioonottavassa tarhassakin. Hyväkuntoinen eläin kestää immobilisaation aiheuttamat fysiologiset muutokset paremmin. Ongelmat ovat vähäisemmät kun käytetylle anesteetille on spesifinen antagonistti. Anestesian kesto ja siitä aiheutuva komplikaatoriski jäävät tällöin pienemmiksi. Aina tulee kuitenkin varautua siihen, että kohde-eläimen kliininen status onkin huomattavasti arvioitua heikompi. Täytyy siis miettiä etukäteen, yritetäänkö mahdollisesti erittäin huonokuntoiseksi paljastuvaa eläintä hoitaa kaikin keinoin vai olisiko eutanasia eläimen kannalta parempi vaihtoehto.

Turvallisinta on välttää nukutusta ääriämpötiloissa. On myös tunnettava nukutusaineen vaikutus eläimen kykyyn säädellä lämpötilaansa. Kaikki rauhoitus- ja nukutusaineet vaikuttavat elimistön lämmönsäätelykykyyn sekä nisäkkäillä että linnuilla, α_2 -agonisteilla on tässä suhteessa ehkä suurin vaikutus. Kohonneesta lihasaktiiviteetista aiheutuvan hypertermiariskin vuoksi ei pidä käyttää **etorfiinia** (M99®, Large Animal Immobilon®) yli 25 °C:ssa eli kesähelteellä auringonpaisteessa, etenkin HEVOSELÄIMILLÄ. Hypertermia voi johtaa hengenvaaralliseen asidoosiin ja hypoksiaan, kun taas hypotermia lamaa elintoimintoja ja heikentää mm. elimistön kykyä metaboloida käytettyjä lääkeaineita. Kohde-eläimen lämpötilaa tuleekin aina seurata tarkasti anestesian aikana.

Arktisia eläimiä voidaan joutua jäähdyttämään jo pikkupakkasilla. Kuumentunut eläintä voidaan vilvoittaa laittamalla lunta tai huuhtelemalla vedellä niitä osia kehosta, jossa karvapeite ja iho ovat ohuimmat. Varomaton ja äkillinen herkkien ihoalueiden jäähdyttäminen voi kuitenkin stimuloida kevyessä anestesiassa olevaa eläintä ja johtaa vaaratilanteisiin.

Lämpimämpien alueiden lajit taas vaativat vähintään eristystä kylmää hohkaavasta maasta tai ilmasta. Pienikokoiset ja rauhalliset eläimet menettävät ruumiinlämpöä nopeasti jopa huoneenlämmössä. Pienillä eläimillä kehon ulkoisen pinta-alan suhde painoon on suuri. Sen vuoksi ne tarvitsevat lisälämmönlähteen kyetäkseen pitämään ruumiinlämpönsä normaalina. Suurilla eläimillä lämpötilan lasku kestää kauemmin, käytännön merkitystä sillä on terveillä yksilöillä vain pitkäkestoisten rauhoitusten aikana.

Sähkövastusten avulla tuotettu säteilylämpö aiheuttaa helposti palovaurioita, sillä anestesiassa oleva eläin ei pysty hakeutumaan itselleen sopivaan lämpötilaan. Selviytymispeitot, olkipedit yms. ja kaikenlaiset vesipohjaiset lämmittimet ovat turvallisia.

Ajattele kahdesti, tee kerran...

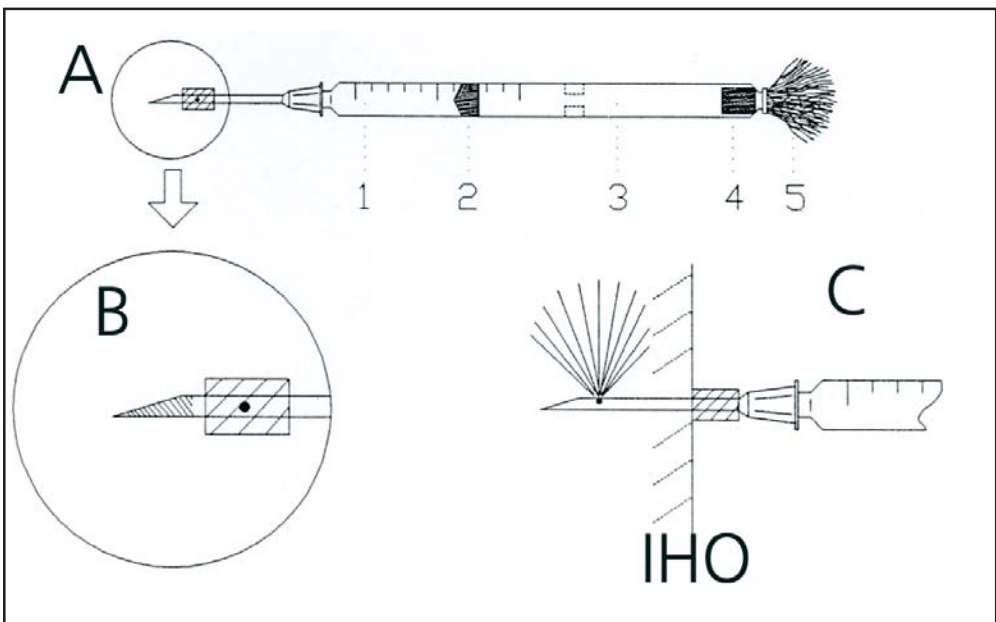
Ennen kuin edes suunnittelee ryhtyvänsä immobilisoimaan villieläimiä joko luonnos-

sa tai tarhaolosuhteissa on myös osattava käyttää tarvittavia välineitä, tunnettava käyttämiensä aineiden ominaisuudet ja niiden yhteisvaikutukset. Nämä oppii parhaiten hakeutumalla jonkun kokeneen oppipojaksi, joskin erilaisia toimintatapoja, välineitä, nukutusaineita ja niiden yhdistelmiä lienee yhtä paljon kuin on kiinnittäjiä ja nukuttajia. Siksi olisikin edullista hakeutua seuraamaan useamman eri konkarin työskentelyä ja valita niistä vaatimuksilleen sopiva toimintatapa tai kombinaatio. Aloitteijan kannattaa käyttää aineita, joiden on jo raportoitu toimivan kohde-eläimillä.

Välineet ja menetelmät

Injektionuolet

Käytettävät lääkeaineet joudutaan usein annostelemaan tarkoitukseen erityisesti valmistetuilla nukutusnuolilla. Nukutusnuolten ja -aseiden käytön tulee perustua riittävään harjoitteluun erilaisissa olosuh-

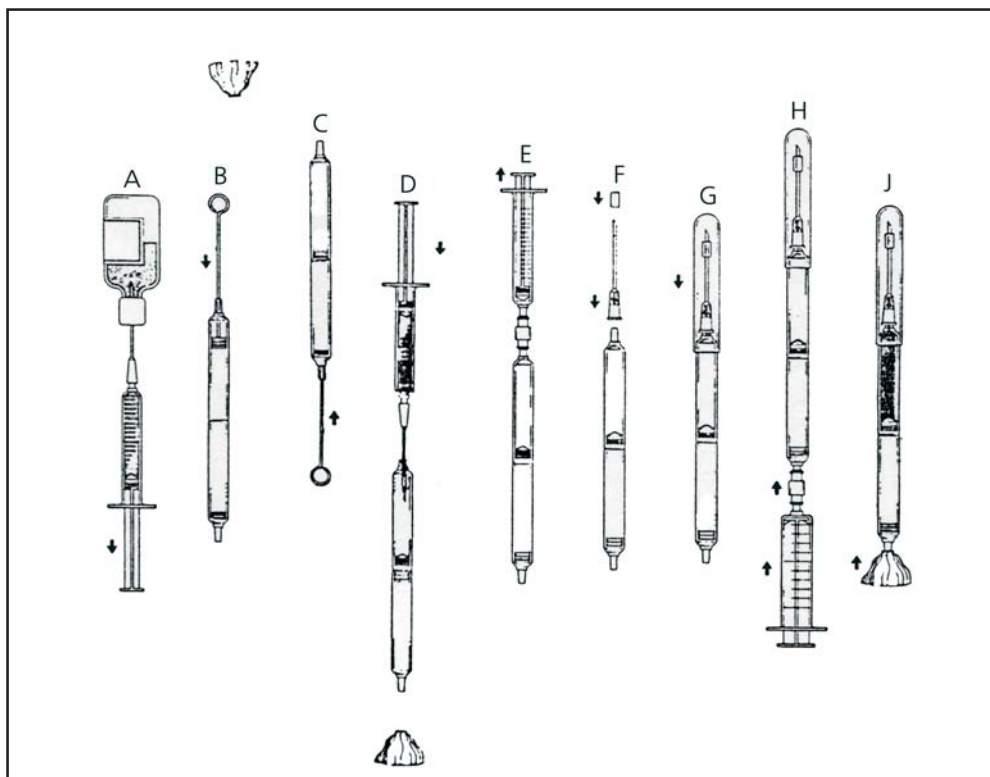


Kuva 32-1. Ilmanpaineella toimivan nuolen rakenne ja toiminta. **A.** injisoitava neste (1), mäntätulppa (2), painekammio (3), painetulppa (4), tupsu (5). **B.** Neulan kärki on suljettu esim. liimalla. Silikonitulppa peittää neulan sivussa olevan reiän estäen nesteen purkautumisen paineistetusta nuolesta. **C.** Injektio tapahtuu, kun silikonitulppa liikuu reiän päältä neulan läpäistessä ihoa.

teissa. On eduksi käyttää vain yhden tai muutaman tyyppisiä nuolia, jotka täytetään standarditilavuuteen. Osumaenergiaa voidaan pienentää pitämällä nukutusnuolen lentonopeus ja koko mahdollisimman pienenä. Liian kovalla voimalla ammuttu tai liian painava nuoli voi traumatisoida. Jo sopivankin painoinen ja kohtuullisella nopeudella ammuttu nukutusnuoli voi mm. halkaista keskikokoisen eläimen putkiluon osuessaan "oikeaan" kohtaan sopivassa kulmassa.

Nukutusnuolissa käytetään kahta erilaista toimintaperiaatetta. Nuoli tyhjenee osuman jälkeen joko ilmanpaineella (tai

kaasulla) tai ruutitoimisesti. Ilmanpaineella toimivia nuolia voidaan ampua puhallusputkella tai kaasuseella. Nuolia on hyvin erikokoisia, enimmäistilavuudet vaihtelevat 0,5–10 ml. Ilmanpaineella toimivan nuolen toimintaperiaate on esitetty kuvassa 32-1 ja nuolen lataaminen kuvassa 32-2. Injektio kestää yleensä alle sekunnin (riippuu tilavuudesta, paineesta, neulan paksuudesta ja injisoitavan aineen viskositeetista). Ilmanpainetoimiset nuolet ovat tavallisesti kevyempiä kuin ruutitoimiset ja niillä käytettävä lentonopeus on alhaisempi. Ilmanpainetoimisten nuolten käyttö aiheuttaa täten pääsääntöisesti vähemmän kudostraumoja.



Kuva 32-2. Paineilmalla toimivan nuolen lataaminen. A. Injisoitava lääkeainemäärä vedetään ruiskuun. B. Painetulpalla vapautetaan. C. Mäntätulpalla painetaan injisoitavaan tilavuuteen. D. Nestekammio täytetään tarvittaessa fysiologisella suolaliuoksella, ettei sinne jää ilmaa. Kannattaa käyttää aina vakiotilavuutta. E. Ilma imetään erityisen välikappaleen kautta. F. Neulan reikä peitetään silikonitulpalla. Kuivataan nuolen kartio ja painetaan neula tiiviisti kiinni. G. Laitetaan suojaksi muovinen koeputki tai suojaputki. H. Nuoli paineistetaan vasta juuri ennen käyttöä. Noin 15 ml topakasti painettua ilmaa riittää tavallisen kokoisille nuolille. Nuolen paineistus tulee suorittaa siten, että nuoli on aivan pystysuorassa, neula ylöspäin. J. Käyttövalmis nuoli, jossa tupsu on paikallaan.

Eräänlainen injektionuolen erikoissovellus on ns. **putkiruisku**, jossa tavallisen tyyppinen injektioruisku on yhdistetty n. 1–1,5 m pituiseen jatkovarteeseen. Putkiruisku on käytännöllinen apuväline mm. loukussa tai kuljetuslaatikossa olevia eläimiä nukutettaessa.

Injektionuolia voidaan käyttää useamman kerran. Käyttöjen välillä ne tulee puhdistaa ja desinfioida sekä varastoida lataamattomina kanyyliosa irrotettuna.

Puhallusputki

Puhallusputkia valmistetaan kaupallisesti tai niitä voi tehdä itse halkaisijaltaan sopivasta metalli- tai muoviputkesta. Putken pituus on tavallisesti 1–2 m, pidemmällä putkilla saavutetaan suurempi osumatarkkuus ja pidempi tehollinen kantomatka (yleensä <15 m). Lyhyemmät putket soveltuvat hyvin käytettäväksi sisätiloissa. Pidemmät putket yleensä taivutetaan lievästi ylöspäin, jotta vennon putken pää ei roikkuisi ja jotta nuoli saisi hieman vinon, ”mäkihyppääjämaisän” lentoasennon. Puhallusputkella tähdättäessä pidetään molemmat silmät avoinna. Puhalluksen tulee olla mahdollisimman voimakas ja pitkä, jotta nuolen vauhti kiihtyisi koko putkessa olon ajan. Perustekniikka on helppo oppia, mutta etäisyyden ja nuolen painon vaihtelun hallinta vaatii jatkuvaa harjoittelua.

Nukutusaseet

Nukutusaseella kohtuullisella etäisyydellä ja paineella ammutun normaalikokoisen (3 ml) nuolen kineettinen energia on suurempi kuin standardipistoolilla ammutulla (9 mm) pistooliluodilla.

Ruutitoimisia aseita käytetään pidemmillä matkoilla tai erittäin paksunahkaisia eläimiä, esimerkiksi NORSUJA, SARVIKUONOJA tai VIRTAHEPOJA immobilisoitaessa. Suomessa luonnossa tai eläintarhoissa eläville lajeille riittää hyvin alempitehoiset **kaasutoimiset aseet**. Suurimmilla kaukoinjektiovälineiden valmistajilla on useita malleja eri käyttötarkoituksia varten. Aseissa on yleensä hiilidioksidisäiliö, josta tulevan kaasun painetta voidaan tarkasti säätää venttiilin ja

painemittarin avulla. Näin voidaan painetta muuttaa nuolen painon ja ampumaetäisyyden mukaan. Ympäristön lämpötila vaikuttaa kaasun paineeseen ja joitakin malleja on lähes mahdoton käyttää talvella kenttäolosuhteissa.

Puhallusputkeen kiinnitettävä kaasutoiminen pistoolikahva on lyhyillä matkoilla (<15 m) erittäin käyttökelpoinen ja voi korvata heikkokeuhkoisen puhallusputken käyttäjän. Kiväärityyppisiä aseita käytetään pääsääntöisesti vasta pidemmillä matkoilla. Eri malleilla voidaan ampua paineilmalla toimivia tai ruutitoimisia nuolia. Tehollinen kantomatka on raskaimmilla malleilla 50–75 m.

Aineiden ja välineiden historiaa

Käytettävät lääkeaineet olivat ennen tavallisesti ainoastaan paralysoivia ja niiden turvallisuusmarginaali oli erittäin kapea. Eräs tekniikka oli käyttää standardiannosta ja ampua se ”sitä lähemmäksi sydäntä, mitä suurempi eläin oli”. Kehitys oli nopeaa 1960-luvun alussa sekä lääkeaineiden että välineistön osalta. **Etorfiini** (M99[®]) otettiin käyttöön Afrikassa. Tälle aineelle oli myös antagonistista, **diprenorfiini** (Large Animal Revivon[®]) joka suuresti paransi käyttöturvallisuutta ja -tehokkuutta. Myös **ksylatsiini** syntetisoitiin 1960-luvulla ja ensimmäiset villieläinraportit julkaistiin 1960-luvun lopussa. **Ketamiini** otettiin pian tämän jälkeen käyttöön yksin tai parantamaan ksylatsiinilla aikaansaadun immobilisaation luotettavuutta. Myös nukutuskalusto kehittyi kevyemmäksi ja toiminnaltaan luotettavammaksi. Käyttökelpoinen puhallusputki ja nukutusnuoli kehitettiin 1970-luvun alussa. Viimeaikaisten lääkeainekehityksen pääkohtia ovat etorfiinin osittain korvaaminen tehokkaammilla opioideilla, uusien α_2 -agonistien (**detomidiini** Domosedan[®]; **medetomidiini**, Domitor[®], Zalopine[®]) syntetisointi, sekä α_2 -antagonistien (**johimbiini**, **tolatsoliini**, **idatsoksani**, **atipametsoli**) kehittäminen ja käyttöönotto.

Immobilisaatiossa ja anestesiassa käytettyjä aineita

Seuraavassa käsitellään vain tavallisimpia villi- ja eläintarhaeläinten immobilisaatiossa ja anestesiassa käytettyjä aineita (lisätietoa lähdeluettelosta). Villieläinten rau-

hoittamiseen ja immobilisaatioon käytetään **opioideja**, neurolepteja (fentiatsiinit, butyrofenonit), **bentsodiatsepiineja**, **sedatiiveja** (α_2 -agonistit), tai **dissosiativisia anesteetteja** sekä niiden erilaisia yhdistelmiä. Tarkoituksena on aina täyttää mahdollisimman monta taulukossa 32-1 esitettyä kriteeriä.

Opioidiagonistit ja -antagonistit

Etorfiini (M99[®]) aiheuttaa eksitaatioita melkein kaikilla eläinlajeilla. Eksitaatioiden vähentämiseksi etorfiiniin on valmiiksi lisätty **asepromatsiinia** (Large Animal Immobilon[®]). Asepromatsiinin määrä ei aina ole riittävä pitämään kiihtymysoireita kurissa.

Etorfiinin annos on enemmän suhteessa eläinlajin aivojen kokoon kuin eläimen ruumiinpainoon. Annos on kääntäen verrannollinen aivojen kehitystasoon eri lajien välillä. Etorfiinia 1 mg yhdistettynä sopivaan sedatiiviin (joka annostellaan metabolisen painon mukaan) on oikea annos 2500-kiloiselle SARVIKUONOLLE, 200-kiloiselle SEEPRALLE, 60-kiloiselle PEURALLE tai 30-kiloiselle KENGURULLE. Etorfiinin annosta ei sen vuoksi pitäisi antaa mg:ssa elopainokiloa kohden vaan ilmaista kokonaisannos mg:ssa täysikasvuiselle eläimelle. Nuoret eläimet, joiden aivot painavat suhteellisesti enemmän, tarvitsevat etorfiinia enemmän kuin elopaino edellyttäisi. KARHUILLA Large Animal Immobilon[®] on luotettavin immobilisaatioaine.

Luuos on lievästi hapan ja stabiili. Etorfiinin analgeettinen teho on eräillä lajeilla jopa 10000-kertainen morfiiniin verrattuna. Ihmiset, muut KÄDELLESET ja KISSAELÄIMET ovat äärimmäisen herkkiä etorfiinin vaikutukselle. Yllämainittu 1 mg:n annos on näille lajeille tappava. Ihmisen letaaliannos on vain 5–10 % samanpainoisen MÄREHTIJÄN terapeuttisesta annoksesta. Valmisteet ovat konsentroituja ja suuhun tai kädelle joutunut tippakin aiheuttaa välittömän hengenvaaran. Ainetta ei saa käsitellä yksin, vaan paikalla tulisi aina olla ensiaputaitoinen apulainen, joka tarvittaessa pystyy antamaan vasta-aineinjektioita ja tehohengitystä. Ago-

Taulukko 32-1. Immobilisaationuolen anesteetilta vaadittavia ominaisuuksia

- Turvallisia eläimelle, käsittelijälle ja ympäristölle
- Annostilavuus pieni (1,5–3 ml), ettei liikaa traumatisoivaa osumaenergiaa
- Imeytyminen i.m. nopeaa ja kudoksia ärsyttämätöntä
- Induktiovaihe nopea ja rauhallinen tuottaen hyvän lihasrelaksaation ilman eksitaatiota
- Hengitys-, verenkierto-, ja lämmönsäätelymuutokset vähäisiä
- Analgeettinen
- Turvallinen kantaville ja imettäville
- Herääminen ohjattavissa spesifisillä antagonisteilla nopeasti ilman eksitaatiota
- Vesiliukoinen ja stabiili, sopii sekoitettavaksi toisten aineiden kanssa
- Sopivan pituinen vaikutusaika
- Aineenvaihduntatuotteet eivät ole myrkyllisiä
- Ei vahingoita nukutusnuolien materiaalia

nistia ja antagonistia käytettäessä tulee aina käyttää kumihansikkaita.

Etorfiini-asepromatsiini (Large Animal Immobilon[®]) -injektion jälkeen ensimmäiset vaikutukset havaitaan jo parin minuutin kuluttua. Eläimen käynti muuttuu päämäärättömäksi vaeltamiseksi ja askeltaminen on usein korkeaa. Joskus eläin pysähtyy jo kohdatessaan mitättömän esteen, esim. pienen pensaan. HEVOSELÄIMET kulkevat usein nurkkaan tai ahtaaseen paikkaan ja puskevat päätään esteeseen. Tästä aiheutuu helposti hankautumisvaurioita. Lisäämällä nuoleen esim. **ksylatsiinia** (Narcoxyl[®] vet, Rompun[®] vet) tai **detomidiinia** (Domosedan[®]) voidaan induktiovaihetta yrittää pehmentää. Etorfiinin vaikutuksen syvetessä käynti muuttuu horjuvaksi, eläin kompasotelee ja lopulta kaatuu. Lihasrelaksaatio on hyvin erilainen eri eläinlajeilla. HEVOSELÄIMILLÄ esiintyy usein lihasspasmeja ja/tai ne tärisyvät voimakkaasti. MÄREHTIJÄT ovat yleensä rennompia, mutta etenkin eräät PEURALAJIT saattavat myös olla jäykkiä ja tärstä. Immobilisaatio ei useinkaan ole täydellinen, vaan eläimet saattavat yhtäkkisesti nytkähdellä

tai yrittää muuttaa asentoaan. Nämä liikkeet saattavat osoittaa eläinten havaitsevan ympäristönsä muutoksia.

Sekä hengitysfrekvenssi että minuuttivolyymi pienenevät. Eräissä tutkimuksissa PEUROJEN hengitysfrekvenssi oli alhaisimmillaan noin kerran 2 minuutissa. Niillä todettiin myös progressiivinen asidoosi, ja tilanne pystyttiin korjaamaan vain mekaanisella ventilaatiolla (esim. Ambu). Virtsan erityys vähenee ilmeisesti verenpainemuutosten takia. Etorfiinilla immobilisoiduilla HEVOSELÄIMILLÄ on usein voimakas takykardia ja valtimopaineen nousu.

Etorfiinilla immobilisoidut, jo toipuneet eläimet vaipuvat joskus uudelleen syväänkin sedaatioon tai anestesiaan. Ilmiö on kuvattu useilla eri lajeilla, mutta tarkkaa mekanismia ei tunneta. ROTALLA on havaittu etorfiinin metaboliittien enterohepaattista kiertoa. Eräissä tapauksissa voidaan syytä pitää liian pientä antagonistin annosta tai lyhyttä puoliintumisaikaa. Etorfiini on erittäin lipofiilistä. Lihavilla eläimillä saattaa suuri osa etorfiinista varastoitua rasvakudokseen ja vapautua sieltä hitaasti, kun antagonistista on jo erittynyt pois elimistöstä. Etorfiinin turvallisuusmarginaali on useimmissa MÄREHTIJÖILLÄ sekä KAMELI- ja HEVOSELÄIMILLÄ leveä.

Etorfiinia tai muita opioideja ei pidä aliannostella, sillä se johtaa induktiovaiheen pitenemiseen, ja vahingoittumisen riski kasvaa. Epätäydellinen immobilisaatio on vaarallista sekä eläimelle että käsittelijöille. Etorfiinin yliannostus ilmenee lähinnä voimakkaana hengitysdepressiona. Joskus takykardia saattaa olla stressaantuneilla HEVOSELÄIMILLÄ tappava. MÄREHTIJÖILLÄ passiivinen regurgitaatio on todellinen vaaratekijä etenkin pitempien toimenpiteiden yhteydessä. Jotkut käyttäjät suosittelivat eläimen intuboimista aspiraatiovaaran minimoimiseksi, toiset pitivät mahaletkun asettamista parempana.

Etorfiini sai nopeasti laajan käyttäjäkunnan, koska sille oli alusta alkaen tehokas antagonistista, **diprenorfiini** (Large Animal Revivon®). Toimenpiteen jälkeen eläin voi-

tiin herättää nopeasti ja näin lisätä työtehokkuutta ja välttyä pidentyneen anestesian aiheuttamilta komplikaatioilta (asidoosi, hypertermia, tympania, ataksiavaiheen traumat, predaatio). Diprenorfiini toimitetaan tavallisesti samassa pakkauksessa etorfiinin kanssa. Se on siniseksi värjätty liuos, joka on niin ikään myrkyllistä ihmiselle. Sillä on myös agonistisia ominaisuuksia korkeilla annoksilla. Konsentraatiot on asetettu siten, että injisoimalla sama volyymi saadaan diprenorfiini-etorfiinisuhteeksi 2:1 tai 1,2:1. Valvetila palautuu yleensä 0,5–3 minuutissa i.v.- ja 3–8 minuutissa i.m.-injektioon jälkeen.

Diprenorfiini on yleisimmin käytetty **opioidiantagonisti** etorfiinille. Muita käytettyjä aineita ovat **nalorfiini** (Nalorfin®), **levallorfaani**, **naloksoni** (Narcanti®), **nalmefeeni** ja **naltreksoni** (Revia®). Etenkin naloksoni on osoittautunut käyttökelpoiseksi villieläinmedisiinassa. Aineen arvoa lisää vielä se, että naloksonia suositellaan vahinkoinjektion ensiavuksi ja se kuuluu siten eläintarhaeläinlääkäriin nukutuslaukkuun. Naloksoni on puhdas antagonistista.

Karfentaniili (Wildnil®) on viime vuosina osittain syrjäyttänyt **etorfiinin**. Se on 2–4 kertaa etorfiinia potentimpi, mikä mahdollistaa pienivolyymisten nuolien käytön suurillakin eläimillä. Induktioaikojen on raportoitu olevan lyhyempiä kuin etorfiinia käytettäessä. Suurin ongelma karfentaniilin käytössä on kyllin tehokkaan ja riittävän pitkävaikutteisen antagonistin löytäminen ja sen oikean annostason asettaminen.

Butorfanolia (Torbugesic®) on käytetty yhdessä **detomidiinin** kanssa HEVOSELÄIMILLÄ. Kliininen käyttökelpoisuus, annokset ja aineiden vaikutukset tunnetaan villieläimillä vielä puutteellisesti. Annostasosta riippuen butorfanoli voi toimia niin agonistina kuin antagonistinakin.

Dissosioivat anesteetit

Ketamiinia (Ketalar®, Ketamine®, Ketaminol® vet) on käytetty useilla eläinlajeilla. Se ei ole ihanteellinen aine, mutta yhdessä sedatiivien kanssa se parantaa immobi-

saation luotettavuutta ja käsittelyturvalliisuutta. Pelkkää ketamiinia käytettäessä ovat lihasrelaksaatio ja viskeraalianalgesia monilla lajeilla riittämättömiä. Etenkin NÄÄTÄ-, KOIRA- ja KISSAELÄIMILLÄ esiintyy katatoniaa ja konvulsivista kouristelua. Antamalla joko samanaikaisesti tai esilääkityksenä jotakin **bentsodiatsepiinia** tai α_2 -agonistia voidaan sekä pienentää ketamiinin annosta että vähentää mainittuja haittavaikutuksia. Pelkkää ketamiinia voidaan kuitenkin käyttää yksinkertaiseen immobilisaatioon (esim. diagnostiset tutkimukset) monilla MATELIJOILLA, JYRSIJÖILLÄ ja HYLKEILLÄ. Annos vaihtelee lajin mukaan 2–50 mg/kg. Eri konsentraatioita käytetään eläimen koon ja injektioivan mukaan.

Ketamiini lamaa hengitystä suurilla annoksilla. Etenkin suuremmilla KISSAELÄIMILLÄ tulee intubaatioon varautua, jotta eläintä voidaan tarvittaessa ventiloida. Intubaatio ei kuitenkaan ketamiinia käytettäessä helposti onnistu ja yritys saattaa laukaista konvulsivisen kohtauksen. Intuboinnin helpottamiseksi voi käyttää nielun alueen puuduttamista esim. **lidokaiini**suihkeella (Lidocain[®], Xylocain[®]). Jos konvulsioita esiintyy, voidaan antaa joko **diatsepaamia** (Diapam[®], Medipam[®], Stesolid[®]), **fenobarbitaalia** (Fenemal[®]) tai **pentobarbitaalia** (Mebunat[®] vet) i.v. Mikäli intuboinnissa käytetään paikallisuudutusta, tulee anestesia-ajan olla riittävän pitkä, jotta nielemisrefleksi ehtii palautua ennen eläimen heräämistä (ektubaatio täytyy tässä tarkoitettuna eläimellä tehdä ennen nielemisrefleksin palautumista). Kerta-annos **propofolia** (Rapinovet[®]) intuboinnin helpottamiseksi on usein turvallisempi kokonaisuuden kannalta.

Ketamiinille ei ole spesifistä antagonista, mikä pidentää toipumisaikaa ja vähentää aineen kliinistä käyttöä etenkin kenttäolosuhteissa. **Johimbiini** (Antagonil[®]) ja **doksapraami** (Dopram[®]) aiheuttavat jonkinlaista anestesian keventymistä, mutta normaali motorinen toiminta ei palaudu. Eräissä KISSOILLA tehdyssä kokeessa kokonaistoipumisaika jopa piteni johimbiinia käytettäessä. **Ksylatsiini-ketamiini**yhdistelmillä

nukutettuja KISSA- ja KOIRAEläimiä on voitu "herättää" kumoamalla ksylatsiinin vaikutus. Tällöin eläimet kuitenkin ovat usein erittäin ataktisia, ja vahingoittumisen riski on ilmeinen. Spesifimmän α_2 -agonistin, **medetomidiniin**, kanssa yhdistettynä voidaan ketamiinin annos MÄREHTIJÖILLE laskea niin alhaiseksi, että eläimet voidaan herättää turvallisesti α_2 -antagonistilla jo 30–40 minuuttia kestäneen anestesiajakson jälkeen.

Tiletamiinia käytetään vain yhdessä **tsolatsepaamin** kanssa (Telazol[®], Zoletil[®]). Ainetta on menestyksekkäästi käytetty etenkin KARHUJEN, KISSAELÄINTEN, VILLISIKOJEN ja eräiden SORKKAELÄINTEN immobilisoinnissa. Sen vaikutuksia ei voida kumota. Vaikutusaika vaihtelee laajalti eläinlajista riippuen. Bentsodiatsepiiniantagonistin, **flumatseliinin** (Lanexat[®]) käyttö laukaisee helposti ketamiinia potentimman tiletamiinin taipumuksen aiheuttama konvulsioita.

α_2 -Agonistit ja -antagonistit

α_2 -Agonistit ovat sedatiiveja ja analgeetteja. Käsitelty eläin on tyypillisesti hyvin rauhallinen ja yksin jätettynä unen kaltaisessa tilassa. Eläintä äkillisesti stimuloitaessa se saattaa kuitenkin kyetä liikkumaan, pakenemaan tai hyökkäämään lajityypillisellä tavalla, täydellä nopeudella ja voimalla. Tämä ominaisuus ei monilla lajeilla häviä edes kohtuullisen suurilla annoksilla. Ryhmän aineita käytetäänkin vaarallisimmilla eläimillä lähes yksinomaan erilaisissa yhdistelmissä. α_2 -Agonisteja käytettiin aiemmin etenkin pehmentämään **etorfiinin** tai **ketamiinin** vaikutuksia. Uusien, tehokkaiden α_2 -antagonistien kehittämisen myötä ollaan kuitenkin siirtymässä immobilisaatioseoksiin, joissa α_2 -agonistit ovat pääasiallinen aineosa ja immobilisaation luotettavuutta parannetaan esim. pienellä ketamiiniannoksella.

Ksylatsiinia (NarcoxyI[®] vet, Rompun[®] vet) on käytetty yksinään etenkin MÄREHTIJÖIDEN immobilisaatioissa ja useilla eläinlajeilla yhdessä muiden aineiden (etenkin **ketamiinin**) kanssa.

Detomidiiniin (Domosedan®) erityispiirteisiin kuuluu, että eläin pysyy jaloillaan varsin suurillakin annoksilla. Tämä ominaisuus tekee aineen erittäin käyttökelpoiseksi erässä erikoisindikaatioissa, vaikka sen käyttö varsinaisessa immobilisaatiossa onkin harvinaista. Detomidiiniä voidaan käyttää rauhattomilla MÄREHTIJÖILLÄ ja HEVOSELÄIMILLÄ stressin vähentämiseksi kuljetusten aikana. Koska eläin seisoo, vähenee tympanian, regurgitaation ja loukkaantumisen vaara. Annostaso on tällaisissa tapauksissa yksilö- ja tapauskohtainen. Atipametsolilla (Antisedan®) voidaan detomidiinin vaikutus kumota kuljetuksen päätyttyä. Mitään eläintä ei tulisi kuitenkaan rauhoittaa tai nukuttaa kuljetuksen ajaksi, ellei se ole ehdottoman välttämätöntä. Eläintarhoissa detomidiiniä on käytetty HEVOSELÄIMILLÄ yhdessä **butorfanolin** (Torbugesic®) kanssa. Tällöin on seisovaa eläintä voitu lähestyä ja esim. hoitaa kavioita, ottaa verinäytteitä tai infusoida yleisanestesia suonensisäisesti.

Medetomidiini (Domitor® 1 mg/ml, Zalopine® 10 mg/ml) soveltuu normaalipitoisuudella 1 mg/ml hyvin eräiden PIENPETOJEN immobilisaatioon yksin tai etenkin yhdessä ketamiinin kanssa. Myös sellaiset MÄREHTIJÄT, joille aineen voi injisoida käsin, voidaan tehokkaasti immobilisoida tällä pitoisuudella. Korkeasaassa on medetomidiiniä, **medetomidiini-ketamiini**yhdistelmiä ja atipametsolia käytetty etenkin MÄREHTIJÖILLE ja LIHANSYÖJILLE.

Medetomidiini-ketamiiniyhdistelmällä on tiettyjä etuja muihin eläintarhaeläinten immobilisaatiossa käytettäviin aineisiin verrattuna. Vaikutuksen syvetessä (2–10 min) eläin jää seisomaan ja lopulta asettuu makuulle. Tällainen induktiovaihe poikkeaa dramaattisesti **etorfiinilla** käsiteltyjen eläinten päämäärättömästä hölkkäämisestä, kompastelemisesta ja kaatumisesta. Myös PETOELÄIMILLÄ on induktiovaihe rauhallinen, joskin KISSAELÄIMET yleensä oksentavat. Liharelaksaatio on yleensä parempi kuin opioidipohjaisia yhdistelmiä käytettäessä. Kliinissä mittauksissa sekä hematologisissa, seerumin biokemiallisissa ja happo-emäs-

tasapainon määrytyksissä ei ole havaittu kliinisesti merkittäviä muutoksia. Medetomidiini-ketamiiniyhdistelmiä ja **atipametsolia** on käytetty märehitijöillä tiineyden keskivaiheilla ilman haittavaikutuksia.

α_2 -Antagonisteja, kuten johimbiinia, atipametsolia, tolatsoliinia ja idatsoksaania, käytetään yleisesti ksylatsiinin ja/tai medetomidiinin vaikutusten kumoamiseen eläintarhaeläimillä. Antagonisteja käytettäessä pitää ottaa huomioon, että myös agonistin analgeettiset vaikutukset kumotaan. Invasiivisten toimenpiteiden yhteydessä tulee silloin antaa jotain muuta analgeettia.

Johimbiinipulveri (Antagonil®) liuotetaan lämmitettyyn steriiliin veteen, jolloin enimmäiskonsentraatioksi saadaan 10 mg/ml (5 mg/ml on käyttökelpoisin suurillakin eläimillä). Johimbiinia käytetään lähinnä **ksylatsiinin** vaikutusten kumoamiseksi, kokonaisannoksen ja annossuhteenkin vaihdelta suuresti eri lajien välillä. Johimbiini annostellaan i.v. Myös i.m. annostelua voidaan käyttää, joskin raportoidut kokonaisannokset ovat tällöin olleet kaksinkertaisia i.v. annosteluun verrattuna. Johimbiinin vaste vaihtelee eri lajeilla ja on vaikeasti ennalta arvattavissa. Lajikohtaisesti voi heräämiseen kulua jopa 2–40 min injektion jälkeen, vaikka ksylatsiini- ja johimbiiniannos sekä immobilisaatioaika olisivat kutakuinkin vakioita.

Atipametsoli (Antisedan®) on tehokas α_2 -antagonisti, joka on korvaamassa johimbiinin. Atipametsolilla pystytään herääminen ennustamaan ja kontrolloimaan johimbiinia tarkemmin. **Ksylatsiinin** vaikutusten kumoamiseksi on käytetty annostusta 1 mg atipametsolia/10 mg käytettyä ksylatsiinia. **Medetomidiinin** vaikutus voidaan tavallisesti kumota 3–5 kertaisella annoksella (mg/mg) atipametsolia. Useimmilla eläinlajeilla atipametsoliannosta ei yleensä anneta kokonaisuudessaan lihaksensisäisesti. S.c. osa-annostelu on suositeltavaa, sillä etenkin MÄREHTIJÄT saattavat vaipua muuten uudelleen sedaatioon, kun herätyksestä on kulunut 2–4 tuntia. Toisaalta PETOELÄIMILLÄ käytetään α_2 -agonistien kanssa sen verran

suuria ketamiiniannoksia, että atipametsolin annostelu pelkästään lihaksensisäisesti voi tuoda dissosiativisille anesteeteille tyypilliset haittavaikutukset esiin heräämisvaiheessa vielä yli tunnin kestäneen anestesian jälkeen. Myös i.v.-annostelu on mahdollinen; tällöin vaste saavutetaan tavallisesti 0,5–3 minuutissa. Herääminen tapahtuu "ylikerroksilla" eikä i.v.-annostelua voida siksi suositella käytettäväksi kuin anestesian komplikaatiotilanteissa. Jos ksylatsiinin tai medetomidiniin vaikutus on jo alkanut heikentyä tai annostuksesta on pitkä aika, tulee atipametsolin annostusta vähentää edellä suositellusta.

Propofoli

Propofolia (Rapinovel®) voidaan käyttää syventämään joko liian pinnallista alkupe- räisvastetta tai pinnallistuvaa anestesiaa useilla eri eläinlajeilla. Sitä voidaan käyttää myös induktioaineena intuboinnin yhteydessä. Annostelu tapahtuu aina suonensisäisesti ja tällöin on huomioitava muiden käytettyjen lääkeaineiden ja propofolin yhteisvaikutukset. Immobilisaatio ei kuitenkaan saa ainakaan vaarallisilla lajeilla olla missään tilanteessa täysin propofolin varassa, sillä sen anestesiavaikutus loppuu nopeasti ja esim. i.v. kanyylin tukkeutuesa eläin voi herätä "väärässä paikassa ja todella väärään aikaan".

Inhalaatioanesteetit

Luonnonvaraisilla eläintarha- ja villieläimillä voidaan käyttää samoja inhalaatioanesteetteja, annostusta ja laitteistoa kuin ko-

tieläimilläkin. Etenkin suurempia petoeläimiä intuboitessa tulee noudattaa tiettyä varovaisuutta. Pienillä eläimillä voidaan käyttää kammioinduktiota, kuten on kuvattu kanin ja jrsijöiden anestesiaa käsittelevässä luvussa. Erityisen käyttökelpoinen se on pienillä NÄÄTÄELÄIMILLÄ, KÄRPÄLLÄ ja LUMIKOLLA. Tällöin käytetään tavallisesti **iso-fluraania** ja kantajakaasuna **happea**. Noin 2–3 minuuttia oikaisurefleksin menettämisen jälkeen eläin voidaan poistaa kammioista ja jatkaa anestesiaa maskilla tai tehdä lyhyt toimenpide ennen kuin eläin toipuu. Sukeltavilla vesieläimillä kannattaa anestesia aloittaa jollain injisoitavalla valmisteella, sillä ne voivat pidättää hengitystään jopa vaarallisen pitkään oudonhajuisessa induktiokammiossa. Inhalaatioanestesian on käytännössä todettu pitkittävän ainakin **medetomidini-ketamiini**anestesiasta heräämistä.

Lopuksi

Villieläimillä käytetyt annokset poikkeavat merkittävästi kotieläimillä käytetyistä annoksista (tarkemmat annokset kirjallisuusluettelosta). Sekä ihmisen että eläimen kannalta on turvallisinta antaa heti alussa riittävä annos nukutusainetta terveeseen eläimen arviopainon mukaan, mikäli selvää syytä annoksen muuttamiseen ei todeta. Liian varovaisilla annoksilla saadaan harvoin riittävä vaste ja eläin ehtii useimmiten hermostua, loukkaantua tai joutua jopa shokkiin, jos sitä joudutaan ampumaan useammilla nuolilla tai ajamaan takaa pitkiä aikoja.

33. Turkiseläinten anestesia

Liisa Wallenius

Turkistarhaukseen liittyvä eläinten joka-päiväinen hoito ja käsittely eivät vaadi eläinten rauhoittamista. Tarhattu **SINIKETTU** (*Alopex lagopus*), **SUPIKOIRA** (*Nyctereutes procyonoides*) ja **HILLERI** (*Mustela putorius*) ovat puolikesyjä, **HOPEAKETTU** (*Vulpes vulpes*) ja erityisesti **MINKKI** (*Mustela vison*) sietävät ihmisen läheisyyttä huomomin. Tarhattu **KETTU** ja **HILLERI** kesyyntyvät helposti lemmekeiksi, jolloin tarve anestesiaa vaativiin toimenpiteisiin kasvaa. Hilleriä tiedetään pidetyn kotieläimenä jo ennen ajanlaskumme alkua, ja se on uudelleen yleistynyt lemmikkinä monessa maassa. Valtaosa lemmikkinä pidetyistä hillereistä kastroidaan. Useilla turkistarhoilla pidetään kesyä lemmikkikettua, jolle omistaja haluaa saman eläinlääkinnällisen hoidon kuin koiralleen.

Tarve turkiseläimen rauhoittamiseen syntyy harvoin. Kivuttomat toimenpiteet voi tehdä ilman lääkitystä. Kipua aiheuttavien toimenpiteiden ajaksi eläin on immobilisoitava rauhoittamalla tai nukkuttamalla. Turkiseläimen reaktiot käsittelyyn saattavat olla arvaamattomia. Tavallisin tilanne, jolloin eläinlääkäri joutuu nukkuttamaan tarhaeläimen, on tapaturmaisesti loukkaantuneen eläimen hoito. Myös verinäytteen otto minkiltä tai hilleriltä saattaa vaatia anestesian. Vähäinen määrä verta saadaan ilman rauhoitusta leikkaamalla kynsi, suurempi verimäärä otetaan *v. jugulariksessa* tai sydänpunktiolla, jolloin eläin on nukkuttettava näytteenottoa varten. Verinäytteen ottaminen **KETUSTA** ja **SUPISTA** sekä lääkkeiden injisoiminen näille eläimille tapahtuvat kuitenkin **KOIRALLA**. Eläimen paikallaan pitämiseksi voidaan käyttää niskapihtejä. **MINKKI** ja **HILLERI** ovat nopeita ja notkeita eläimiä, lisäksi minkki vastustaa käsittelyä usein raivoisasti. Lihaksensisäinen injektio annetaan näillä

eläimillä reiteen lateraalipuolelle, mutta lääkkeiden injisoiminen intraperitoneaalisesti on myös yleistä. Eläimen pitämiseksi paikallaan voidaan käyttää nk. näyttelyhäkkiä, jollei harjaantunutta avustajaa ole saatavilla. Näyttelyhäkissä on säädettävä välipohja, jonka avulla eläin kiilataan liikkumattomaksi. Sen jälkeen voidaan eläimen vatsapuoli kääntää esiin peritoneaalista injektiota varten tai vetää takajalka ulos häkin silmän läpi ja antaa lihaksensisäinen injektio.

Tarhatuilla turkiseläimillä voidaan käyttää samoja inhalaatioanesteetteja kuin muillakin kotieläimillä, näätäeläimillä (**MINKKI**, **HILLERI**) mielellään kammioinduktion jälkeen. Useimmiten turkiseläimillä käytetään kuitenkin injisoitavia anesteetteja, koska toimenpiteet ovat lyhytkestoisia ja saatavilla on turvallisia, tehokkaita ja helppokäyttöisiä injektiovalmisteita. **SUPI** ja **KETTU** reagoivat sedatiiveihin ja anesteetteihin koiran tavoin, **NÄÄTÄELÄINTEN** reaktiot saattavat muistuttaa **KISSALLA** nähtyjä, mutta ovat useiden aineiden kohdalla vain näätäeläimille tyyppisiä. **MINKIN** vaste useisiin lääkeaineisiin vaihtelee yksilöllisesti. Alla mainittujen sedatiivien ja anesteettien lisäksi on turkiseläinten rauhoitukseen, immobilisaatioon ja anestesiaan käytetty useita muitakin aineita (**barbituraatit** johdannaisineen; **tiletamiini**, **propofoli**), mutta **α_2 -agonistit**, mahdollisesti **ketamiinilisällä** täydennettyinä, ovat osoittautuneet turkiseläimille erittäin sopiviksi.

Ketun rauhoitukseen voidaan käyttää **medetomidiniä** (Domitor®, 100 µg/kg i.m.). Yhdessä **ketamiinin** (Ketalor®, Ketamine®, Ketaminol® vet) kanssa se antaa käyttökelpoisen anestesian (medetomidiniä 50 µg/kg ja ketamiinia 2,5 mg/kg i.m.). Myös **ksylatsiini** (Narcoxy® vet, Rompun® vet) ja **keta-**

miini yhdessä (2 mg/kg ja 5–10 mg/kg i.m.) mahdollistavat kivuliaiden toimenpiteiden suorittamisen.

Supikoiralle käytetään **medetomidinia** ja **ketamiinia** (100 µg/kg ja 5–15 mg/kg i.m.). Myös pelkkää ketamiinia (15–30 mg/kg i.m.) on käytetty, mutta se ei ole nykyään suositeltavaa. Ketulle ja supille voidaan myös indusoida anestesia yhdistämällä **medetomidiini** ja **metadoni** (L-Polamivet® vet.).

Hilleri nukutetaan käyttäen **ksylatsiinia** ja **ketamiinia** (2–3 mg/kg ja 20 mg/kg i.m.) tai **medetomidiinia** ja **ketamiinia** yhdessä (60–100 µg/kg ja 2,5–5 mg/kg i.m.).

Minkin rauhoitukseen voidaan käyttää **ketamiinia** (15–30 mg/kg i.m.) tai **ksylatsiinia** (10 mg/kg i.m. tai i.p.) yksinään. Yhdistettynä nämä aineet antavat luotettavan anestesian (ketamiini 15 mg/kg i.m. ja ksy-

latsiini 10 mg/kg i.m. tai i.p.). Myös **midat-solaamalla** (Dormicum®, Midazolam®) **ketamiiniin** yhdistettynä saadaan kirurgiset toimenpiteet salliva anestesia. Nääteläimet metaboloivat ketamiinia tehokkaasti, joten yli 15 minuuttia kestävä toimenpiteen aikana ketamiiniannos joudutaan uusimaan. Minkin vaste medetomidiinille yksin tai yhdessä muiden sedatiivien tai anesteettien kanssa vaihtelee yksilöllisesti, eikä toivottua anestesiaa aina saavuteta. Jos medetomidiinia kuitenkin käytetään minkille esim. yhdessä ketamiinin kanssa (100 µg/kg ja 5 mg/kg), sen vaikutusta ei tule toimenpiteen jälkeen kumota **atipametsolilla** (Antisedan®) ketamiinin haittavaikutusten välttämiseksi. **Alfaksaloni-alfadoloni** (Althesin®, Saffan®; 9 mg/kg i.m. tai i.p.) on joissakin maissa suosittu minkin anesteetti. Sen vaikutus on nopea ja lyhytkestoinen.

34. Kalojen anestesia

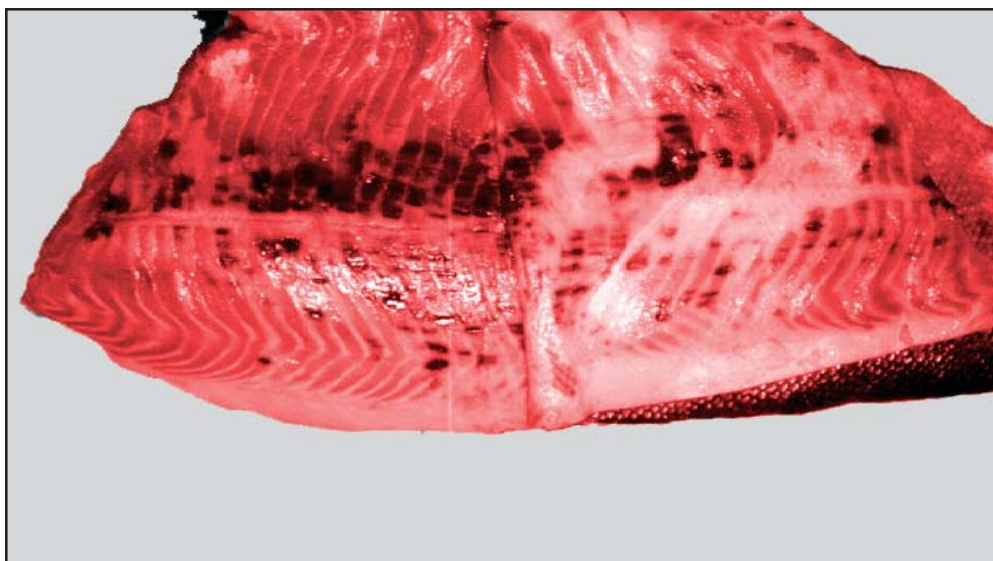
Perttu Koski

Kaloille joudutaan kalanviljelyssä tekemään erilaisia toimenpiteitä (merkitseminen, injektiot, näytteiden otto), jotka ovat haitallisia tai mahdottomia tehdä valveilla oleville kaloille. Kun kala otetaan pois vedestä, se altistetaan voimakkaille epäfysiologisille ärsykkeille, esim. mekaanisille vaurioille, varsinkin silloin, kun kala taistelee tehtäviä toimenpiteitä vastaan. Haittojen vähentämiseksi kalat rauhoitetaan tai nukutetaan. Yleensä nukutusaine (tavallisesti puudute) laitetaan veteen: Nukutettavat kalat siirretään anesteettia sisältävään altaaseen, jolloin kalat saavat aineen kidusten kautta. Tilanne vastaa siis inhalaatioanestesiaa. Kaloilla veden lääkeainepitoisuus vastaa keuhkollisten eläinten alveolipitoisuutta ja se säätelee anestesian syvyyttä. Suomessa on tuotantoeläiminä pidettäville kaloille

mahdollista käyttää **trikaiinimetaanisulfonaattia** (MS-222®) ja **bentsokaiinia**.

Yleisin meillä käytetty veteen lisättävä aine on **trikaiinimetaanisulfonaatti**, joka on vesiliukoinen johdos bentsokaiinista. Puskuroimaton liuos on hapan ja ärsyttävä kalaa. Siksi se kannattaa neutraloida ennen käyttöä. Neutraaliksi puskuroitu liuos on myös tehokkaampaa, joten ainetta tarvitaan vain noin 60 % puskuroimattoman liuoksen ohjeellisesta annoksesta (taulukko 34-1).

Bentsokaiini on selvästi halvempi mutta huonoliukoisempi kuin trikaiinimetaanisulfonaatti, eikä sillä saada kalan kipukynnystä yhtä alas. Bentsokaiinia käytetään kuitenkin runsaasti (taulukko 34-1). Käyttöön tulevia uusia aineita on vaikea ennakoita, mutta mahdollinen uusi nukutus-



Kuva 34-1. Epäonnistuneessa sähköainnutuksessa väkivaltaisten lihaskontraktioiden seurauksena syntyneitä verenvuotoja kirjoloihen lihaksistossa, etenkin kylkiviivan kohdalla olevassa punaisessa lihaksessa. Kuvassa on kalan nahka käännetty pois puoliksi nyljetyn kylkifiileen päältä. Kuva: EELA, Oulun yksikkö.

Taulukko 34-1. LOHIKALOJEN nukutukseen käytettävät ohjeelliset pitoisuudet.

Anesteetti	Puhdasta nukutusainetta mg / 1 litra vettä	Varastoliuos (puhdasta nukutusainetta)	Varastoliuosta ml/10 litraa vettä
MS-222 [®] , puskuroimaton	140–175	25 g/l vettä	56–70
MS-222 [®] , puskuroitu	85–100		30–40 ¹⁾
Bentsokaiini	40	100 g/l asetonia	4

¹⁾ Varastoliuosta ei saa puskuroida. Puskurointiin tarvitaan 200–250 mg natriumbikarbonaattia (NaHCO₃)/100 mg puhdasta MS-222[®]:a. MS-222[®]liuotetaan ensin käyttövahvuuteen ja puskurointi tehdään juuri ennen käyttöä.

aine suomalaisessa kalanviljelyssä lähi-vuosina lienee **propoksaatti**. Muutamissa maissa on käytössä **2-fenoksietanoli**, **metomidaatti** (Hypnodil[®]) tai **etomidaatti** (Hypnomidate[®]). Sedaatioon tarvittava metomidaattipitoisuus vedessä on noin 0,5 mg/l (ppm).

Suomessa sallittujen anesteettien varo-aika on 0 vrk.

Hiilidioksidia on perinteisesti käytetty kalojen tainnuttamiseen. Sen etuna on, ettei jäämiä synny. Ongelmana sen laajamittaisessa nukutusikäytössä on kalan hapensaannin turvaaminen: korkeat CO₂-pitoisuudet vaativat ylikyllästeistä happipitoisuutta vedessä. Hiilidioksidia käytetäänkin maamme kalanviljelyssä nykyisin pääasiassa ruokakalan teurastuksessa pistoa edeltävään kalan tainnutukseen. Hiilidioksidin käyttö varsinaiseen anestesiaan on nykyisin rajoittunut lähinnä tilanteisiin, joissa pienelle määrälle kaloja tarvitaan nukutus jollain keinolla ja muita menetelmiä ei ole käytettävissä. Tavallinen leivinsooda soveltuu CO₂:n tuottamiseen.

Fysikaaliset menetelmät. Veteen lisättävien nukutusaineiden lisäksi voidaan kalojen käsittelyn helpottamiseksi käyttää mm. sähkövirtaa ja lämpötilan äkillistä alentamista. **Sähkövirtaa** käytetään maamme kalataloudessa mm. luonnonkalojen laskennoissa, mittauksissa ja merkkauksissa. Tällöin käytetään yleensä pulsoivaa tasavirtaa ja ylävirran puolella oleva ”sähköttäjä” kuljettaa sähkökenttää haluttuihin paik-

koihin joessa tai muussa tutkittavassa vesistöissä ja toinen henkilö pitää alavirran puolella haavia, johon taintuneet kalat virran kuljettamina joutuvat. Jos tarvitaan, voidaan kala tämän jälkeen vielä nukuttaa kemiallisesti. Aikaisemmin sähköä käytettiin yleisesti ruokakalan tainnutuksessa, mutta sen on nykyisin lähes korvannut hiilidioksidi. Sähkövirtatainnutuksessa ovat haittapuolena helposti syntyvät verenvuodot, jotka pilaavat elintarvikkeen (kuva 34-1). **Lämpötilan äkillistä alentamista** on aikaisemmin varsin laajasti käytetty kalan reaktioherkkyyden alentamiseen, mutta sitä ei enää pidetä asianmukaisena menetelmänä.

Aina ei kalaa tarvitse nukuttaa. Usein riittää kalan rauhoittaminen niin, ettei se taistele vastaan esimerkiksi lypsettäessä. Kalan hermostuneisuus vaikuttaa nukutusvasteeseen kuten tasalämpöisilläkin. LOHIKALAT ovat rauhallisia, kun niiden silmät peitetään esimerkiksi ohjaamalla kalan pää läpinäkymättömään pussiin. Isojenkin emokalojen siirto esimerkiksi altaasta toiseen onnistuu usein, kun kantaja pitää selällään olevaa kalaa toisella kädellä pyrstönvarresta, toinen käsi on kalan selän alla ja kalan pää kantajan kainalossa. Varsinkin ulkomailla käytetään usein pinnallista sedaatiota kaloja kuljettaessa. Tällöin kalan vasteet stressiin ovat heikentyneet. On kuitenkin muistettava, että rauhoittaminen kuljetuksen aikana ei saa kalaa sietämään epäedullisia ympäristövaikutuksia eikä huonoja kul-

Taulukko 34-2. Anestesian syvyyden arviointi kaloilla.

Vaihe	Taso	Käyttötymisen muutokset
I	Pinnallinen sedaatio	Vastaa ärsykkeisiin, mutta liikkuminen ja hengitysliikkeet vähenevät
	Syvä sedaatio	Edellisten lisäksi analgesia, vastaa vain voimakkaisiin ärsykkeisiin
II	Pinnallinen anestesia	Osittainen tasapainon menetys, hyvä analgesia
	Syvämpi anestesia	Lihastonuksen täydellinen menetys, tasapainon täydellinen menetys, hengitys lähes pysähtynyt
III	Kirurginen anestesia	Edellisten lisäksi täysin reagoimaton jopa massiiviseen ärsytykseen
IV	Ydinjatkeen paralyysi	Hengitys ja sydämen toiminta lakkaavat, kuolema

jetusolosuhteita. Esimerkiksi liian suuri kalatiheys on vaarallinen.

Jos induktio on hidas, voidaan kaloilla havaita eri anestesian tasoja taulukossa 34-2 esitetyllä tavalla.

Kaloja nukutetaan yleensä muutaman kalan ryhmissä. Kalojen rauhoituttua riittävästi toimenpiteet tehdään näille kaloille ennen uuden ryhmän nukkuttamista. Suurimmat kuolleisuudet nukutuksen yhteydessä syntyvät käytettäessä toimenpiderytmiin verrattuna liian väkevää nukutusaineliuosta tai otettaessa liian monia kaloja kerrallaan nukutettavaksi, jolloin kalat joutuvat olemaan liian kauan nukutusaineessa. Käytettävä induktioaika arvioidaan tapauskohtaisesti kalojen anestesian tasoa seuraamalla. Koska kalat ovat vaihtolämpöisiä eläimiä, riippuvat anesteettien vaikutukset veden lämpötilasta eikä yleispäteviä ohjeita induktioajoista voi antaa. Kuhunkin tilanteeseen sopiva induktioaika ja nukutusaineen pitoisuus on hyvä hakea käytännössä. Induktioaika vaihtelee nukutusaineittain,

mutta on **MS-222®**:a tai **bentsokaiiinia** suositelluilla annoksilla käytettäessä LOHIKALOILLA yleensä noin 2–5 minuuttia.

Kaloja nukutettaessa on syytä käyttää nukutusveden hapetusta. Pieniä kalamääriä voidaan nukuttaa ilmastamalla nukutusvettä aika ajoin käsin. Jos käytetään erillistä heräämisallasta, on muistettava huolehtia, ettei siinäkään tule hapenpuutetta.

MS-222® säilytetään kalanviljelylaitoksessa yleensä jauheena, mutta siitä, samoin kuin bentsokaiiinista, voidaan tehdä varastoliuos (taulukko 34-1). Ne säilyvät jääkaapissa tummassa pullossa ainakin vuoden. Varastoliuoksesta on tarvittava nukutusainemäärä kätevä ottaa injektioruiskulla. Bentsokaiinin varastoliuosta ruiskutetaan ohuen neulan läpi hitaasti veteen samalla vettä hämmentäen. Näin varmistetaan lääkeaineen kunnollinen liukeneminen veteen.

LOHIKALOJEN nukutukseen käytettävät ohjeelliset pitoisuudet esitetään taulukossa 34-1.

35. Eutanasia

Jan Räihä, Marja Raekallio & Timo Soveri

Aina ei eläintä voida parantaa, vaan se on lopetettava. Toisinaan tervekin eläin joudutaan lopettamaan ylitsepääsemättömien pitovaikeuksien takia. Eutanasian suorittaminen kuuluu eläinlääkärin velvollisuuksiin. Sen taidokas suorittaminen voi asettaa hyvinkin suuret vaatimukset eläinlääkärin taitojen lisäksi myös ihmistuntemukselle. Tässä käsitellään eläimen lopetusta lääkaineilla.

Lopetus on lain mukaan tehtävä mahdollisimman nopeasti ja kivottomasti, mutta eläinlääkäri saa lain puitteissa melko vapaasti valita lopetusmenetelmän. On kuitenkin esteettisintä käyttää tarjolla olevia lääkaineita, sillä kotieläimet ovat tottuneet käsittelyyn ja injisointi on tämän vuoksi yleensä helppoa. Eläin on lopetettava niin, ettei se pelkää tai tule aggressiiviseksi. Sitä on käsiteltävä varmoin ottein ja sille puhutaan rauhallisesti. Lopetukseen tarkoitettuja lääkaineita, jotka aiheuttavat eksitaation tai tajuttomalle eläimelle pitkään jatkuvia kouristuksia ei saa käyttää yksinään, vaan eläin on ennen lopetusta nukutettava. Suureläinten lopettaminen ilman kunnollista rauhoitusta tai nukutusta voi olla hengenvaarallista myös eläinlääkärille.

Eläin voidaan lopettaa yliannostelemalla nukutusainetta. Aineen on tehottava nopeasti eikä se saa olla kallis. Suositeltavia lääkaineita on melko vähän: **barbituraatteja** ja **T 61® vet**-eutanasiavalmistetta (**embutramidi**, **mebetsonijodidi**, **tetrakaiini**) voidaan käyttää useimpien eläinlajien lopettamiseen. **Pentobarbitaali** (Eutha 77®, Mebunat® vet) ei aiheuta eksitaatiota eikä kirvele perivaskulaarisesti, s.c. tai i.p. injisointuna. Barbituraatteja käytettäessä eläin on yleensä syytä ensin rauhoittaa, ja se pitää aina nukuttaa ennen T 61® vet -eutanasiavalmisteen antamista. Eläinlääkärin on aina

varmistauduttava, että eläin on varmasti kuollut (sydän on pysähtynyt). Mitään eläinlajia ei saa lopettaa **lihasrelaksanteilla**, ellei eläintä ole ensin nukutettu tai tainnutettu. Lihasrelaksantit tosin pysähdyttävät hengityksen lamaamalla lihakset ja siten tukehtuttavat eläimen, mutta niillä ei ole mitään anesteettisia ominaisuuksia, joten eläin on koko ajan täysin tietoinen siitä, että se tukehtuu. Myöskään **sedatiivit** ja neuroleptit eivät sovi lopetukseen, vaikka niitä voi hyvin käyttää eläimen rauhoittamiseen ennen lopetusta.

Pieneläimet

Pieneläin rauhoitetaan ennen lopetusta aivan samojen periaatteiden mukaisesti kuin muulloinkin. Tosin yliannostus ei ole vaarallista, mutta verenpaineen voimakas lasku ylisuuren rauhoitusaineannoksen jälkeen voi vaikeuttaa laskimon löytämistä. Eläimelle on joskus hyvä asettaa i.v.-kannyyli jo ennen rauhoitusta, jolloin voi varmistua siitä, että lopetus tulee sujumaan ongelmitta. Lopetusaineen voi myös injisoida v. *sublingualikseen*, joka löytyy aina kielen alapinnalta keskiviivan kummaltakin puolelta. Neulalla kannattaa ensin läpäistä vain limakalvo ja kulkea noin 10 mm limakalvon alla ennen kuin läpäisee suonenseinämän, jottei verta valuisi suusta toimenpiteen jälkeen. Jos eläin on nukutettu, voidaan lopetusaine injisoida myös kylkiluiden välistä sydämeen, mutta tämä saattaa olla omistajasta epämiellyttävää.

Olisi hyvä, että eläin voisi rauhoittua tutussa ympäristössä tai omistajan seurassa, ja vasta täysin rauhoittuneelle eläimelle annetaan ylisuuri **barbituraattiannos** (2–3 kertaa anestesia-annos, esim. 50 mg/kg **pentobarbitaalia**) tai **T 61® vet** -eutanasia-

valmistetta laskimon- tai sydämensisäisesti. Intrapulmonaarinen injisointi ei ole suositeltavaa. Rauhallinen yksilö ei välttämättä vaadi esirauhoitusta, vaan **tiopentaalia** (Pentothal Natrium®) voidaan injisoida suoneen 20–30 mg/kg, jolloin eläin nukahtaa muutamassa sekunnissa. Tämän jälkeen annetaan lopetusaine.

Hyvin pelokkaan tai vihaisen KOIRAN tai KISSAN rauhoittaminen saattaa olla hankalaa. Äkäisen ja sähisevän KISSAN voi rauhoittaa suihkuttamalla **medetomidiinia** (Domitor®) **ketamiinin** (Ketalar®, Ketamine®, Ketaminol® vet) kanssa tai ilman suoraan avonaiseen suuhun ruiskun ja ohuen neulan avulla. Annos on sama kuin lihaksensisäisessä injektiossa. Omistajalle voi myös suositella, että hän hakee eläinlääkäriltä rauhoittamiseen tarvittavan määrän esim. **klooripromatsiinia** (Klorproman®) ja antaa ne eläimelle kotona ennen eläinlääkäriin tuloa. Pelokkaalle tai vihaiselle KOIRALLE ei saa antaa **diatsepaamia** (Diapam®, Medipam®, Stesolid®), koska se voi lisätä aggressiivisuutta poistamalla opittuja estoja.

KANIINI, JYRSIJÄT, NÄÄTÄELÄIMET ja LINNUT tulee yleensä nukuttaa tai saattaa syvään sedaatioon ennen eutanasiaa. **Ketamiini** yhdistettynä medetomidiiniin tai **ksylatsiiniin** i.m. on hyvä vaihtoehto. Tämän jälkeen (5–20 minuutin kuluttua) voidaan antaa **tiopentaalia** (100–150 mg/kg) tai **pentobarbitaalia** (50–150 mg/kg) i.v. tai intrakardiaalisesti. Ne voidaan antaa myös intraperitoneaalisesti, mutta vaikutus on paljon hitaampi. **T 61®** vet -eutanasiavalmistetta voi käyttää nukutetun potilaan eutanasiaan i.v. tai intrakardiaalisesti. Annos on tällöin yleensä 0,5–5 ml elopainosta riippuen. Vain joissakin erikoistapauksissa kannattaa käyttää intrapulmonaalisia tai intrahepaattisia injektioita, lähinnä PIKKUJYRSIJÖILLÄ. Intrapulmonaaliset, linnuilla yleensä myös intrakelomiset injektiot, aiheuttavat usein verensekaisen sierainvuodon. Lopetuksessa voi käyttää myös inhalaatioanesteetteja, mutta niiden vaikutus on melko hidask.

MATELIJAT ovat eutanasian kannalta vaikea ryhmä suuren lajimäärän ja vaikeasti

varmennettavan kuoleman vuoksi. Yleisohjeena voidaan suositella aluksi **ketamiinia** 100 mg/kg i.m. ja 15–20 minuutin kuluttua annetaan lopetusaine. Suositeltavin yleislopetusaine MATELIJOILLE on **pentobarbitaali** i.v. tai intrakardiaalisesti 200 mg/kg. Se voidaan antaa myös i.m. tai intrakelomisesti, mutta kuolemiseen saattaa kulua useita tunteja. Inhalaatioanesteetteja ei suositella, koska useat lajit pystyvät pidättämään henkeään pitkiä jaksoja. Vedessä eläville matelijoille niitä ei tule käyttää ollenkaan. Matelijan kuolleeksi toteaminen on usein hankalaa. Kaikkien refleksien häviäminen ja hengityksen pitkäaikainen puuttuminen viittaavat kuolemaan. Sydämen pysähtyminen tulisi kuitenkin varmistaa auskultaation tai erikoislaitteiden (esimerkiksi EKG- tai Dopplerlaite) avulla. Jos joissakin erikoistapauksissa varmistetaan kuolema dekapi-taatiolla, suositellaan aivojen tuhoamista heti toimenpiteen jälkeen eettisistä syistä.

Lopetuspotilaan omistajille olisi hyvä varata oma oleskelutila, jossa he saavat rauhassa surra menetystään. Poistuminen olisi hyvä järjestää takakautta eikä muiden asiakkaiden ohi odotushuoneen läpi. Maksu- ja paperiasiat sekä sopiminen raadon kohtalosta ja hävitystavasta on hyvä hoitaa etukäteen.

Suureläimet

HEVONEN nukutetaan ennen lopetusaineen antoa aivan samoin kuin leikkauksia varten, eli rauhoitetulle hevoselle annetaan **barbituraattia** tai **ketamiinia**. Helppointa on lopettaa **T 61®** vet -eutanasiavalmisteella (1 pullo/hevonen, i.v.), sillä lopetukseen tarvittava barbituraattiannos on varsin suuri. Barbituraattia voidaan kuitenkin antaa yhdessä **lihasrelaksantin** kanssa: rauhoitetulle hevoselle (n. 500 kg) annetaan ensin 10 g **tiopentaalia** i.v., jonka jälkeen annetaan välittömästi 100 mg **suksametonikloridia** (Sukolin®) i.v. Jos hevonen ei kuole heti, voidaan annokset toistaa. NAUDALLE induoidaan syvä rauhoitus tai mieluiten yleisanestesia ennen lopetusta. Kun nauta on asettunut makuulle, voidaan lopetukseen

käytettävä lääkeaine ruiskuttaa laskimoon. Suureläimiä ei saa lopettaa inhalaatioanesteeteilla. Lääkeaineilla lopetettua eläintä ei pidä käyttää muiden eläinten ravinnoksi.

Suureläimet voidaan lopettaa myös ampumalla. Tällöin on laukaus paras täh-

dätä aivoihin, ja samalla on varmistettava, ettei taustalla ole ketään vaaravyöhykkeessä. Suurten eläinten melko pienikokoisiin aivoihin osuu parhaiten, kun tähtää korvan ja vastakkaisen puolen silmän välille vedettyjen viivojen risteytyskohdan yläpuolelle.

36. Lääkeaineiden käyttöön liittyvät määräykset

Liisa Kaartinen

Eläinlääkärin lääkkeiden käyttöä säätelevät monet määräykset ja ohjeet, joista pääosa perustuu EU:n lääkelainsäädäntöön. Suomessa maa- ja metsätalousministeriön elintarvike- ja terveysosasto (MMMELO) säätelee eläinlääkintää eläinten lääkitsemisestä annetulla lailla ja siihen perustuvilla muilla säädöksillä (<http://www.mmm.fi/el/laki/b/default.html>). Lääkkeiden käyttöön, luovutukseen ja määräämiseen liittyvät säädökset on koottu MMM:n asetukseen 23/EEO/2002. Lääkkeiden myynti- ja erityislupiin liittyvät ehdot kuuluvat Sosiaali- ja terveysministeriön alaiselle Lääkelaitokselle (<http://www.nam.fi>). Nukutuksessa ja kivunpoistossa käytetään monia lääkeaineita, jotka on luokiteltu huumausaineiksi tai pääasiassa keskushermostoon vaikuttaviksi (PKV) aineiksi. Näiden käytöstä määrätään huumausainelaisissa ja sen perusteella annetuissa säädöksissä.

Huumausaineet ja PKV-lääkkeet

Eläinlääkäreillä on velvollisuus pitää kirjaa huumausaineista ja psykotrooppisista aineista (sosiaali- ja terveysministeriön (STM) päätös 703/96). Kirjanpidosta on käytävä ilmi

- 1) käytetyn aineen nimi
- 2) varastoon tullut tai varastosta otettu määrä
- 3) varaston määrä
- 4) selvitys käytetystä tai luovutetusta huumausaineesta.

Kirjanpito on säilytettävä 10 vuotta ja siitä on tarvittaessa annettava tietoa Lääkelaitokselle. Huumausaineet on säilytettävä erillisessä, lukitussa paikassa, johon sivullisten pääsy on mahdollisimman tehokkaasti estetty (STM:n päätös 1708/93). Huumausaineet ovat haluttua tavaraa huumeiden

pimeillä markkinoilla, joten eläinlääkärin on panostettava huolelliseen lääkkeiden säilytykseen ja tehtävä varkaan työ mahdollisimman vaivalloiseksi.

Varsinaisiin huumausaineisiin luetaan myyntiluvallisista eläinlääkkeistä L-Polamivet[®] vet. (**metadoni**) sekä PKV-lääkkeisiin Barbivet[®] vet. (**fenobarbitaali**), Ketalar[®], Ketaminol[®] vet. (**ketamiini**) ja Mebunat[®] vet. (**pentobarbitaali**). Varsinkin pieneläinten lääkinnässä käytetään lukuisia ihmiselle tarkeitteja valmisteita, jotka ovat joko huumausaineita tai PKV-lääkkeitä. Erityisen huolellisesti on toimittava silloin, jos potilaalle määrätään lääkettä, jota ihmisen on mahdollista käyttää väärin. Määrätävä lääkemäärä on pidettävä mahdollisimman pienenä ja omistajan luotettavuudesta on pyrittävä varmistumaan.

Muita lääkesäädöksiä

Eläinlääkärin on käytettävä ensisijaisesti kyseiselle eläinlajille hyväksyttyä valmistetta. Ellei tällaista valmistetta ole saatavilla, voidaan käyttää toiselle eläinlajille tai ihmiselle hyväksyttyä valmistetta. Ellei tällaisiakaan valmisteita ole saatavilla, voidaan käyttää erityislupavalmisteita tai teettää apteekissa *ex tempore* -valmiste. Tilanne on siis varsin hyvä pieneläinten lääkinnässä. Sen sijaan tilanne on monimutkaisempi tuotantoeläimiä hoidettaessa, sillä niille käytettävien valmisteiden sisältämien vaikuttavien aineiden pitää lisäksi olla hyväksytty käytettäväksi tuotantoeläimillä. MMMELO ylläpitää hyväksyttyjen aineiden luetteloa eläinlääkäreille ja apteekkeille tarkoitettuilla internetsivuilla. Salasanan sivuille saa elintarvike- ja terveysosastolta.

Kuluttajaturvallisuuden takaamiseksi tuotantoeläimille käytettävillä aineilla asetetaan jäämien enimmäismäärät (MRL,

maximum residue limit). Eläinlääketeollisuuden tuottamat aineistot arvioi Euroopan lääkearviointiviraston (EMA; <http://www.emea.eu.int>) eläinlääkekomitea (CVMP). EU julkaisee vaikuttavien aineiden MRL-arvot maksimijäämäraja-asetuksen 2377/90 (MRL-asetus) liitteissä I-III (<http://pharmacos.eudra.org/F2/mrl/index.htm>). Jäämäselvitysten perusteella eläinlääkkeille asetetaan varoajat, joiden kuluessa jäämät laskevat alle asetettujen raja-arvojen.

MRL-asetuksen liitteeseen IV päätyvät aineet, joiden käyttö muille tuotantoeläimille kuin hevosille on kielletty, koska niille ei ole pystytty asettamaan jäämäraja-arvoja. Esimerkkejä kielletyistä aineista ovat **kloramfenikoli**, **kloroformi**, **klooripromatsiini**, **metronidatsoli** ja **nitrofuraanit**. Kloroformin käyttö olisi vaaraksi myös sitä käyttävälle eläinlääkärille, joten aineen käytön lopettamiselle on muitakin kuin kuluttajaturvallisuuteen liittyviä syitä.

Kuluttajaturvallisuudesta huolehtiminen hankaloittaa melkoisesti tuotantoeläinten nukkuttamista. Suurimmat ongelmat ovat liittyneet SIAN ja HEVOSEN nukkuttamiseen. Vuoden 1999 lopulla EU päätti helpottaa yksittäisten hevosten lääkitystä poikkeussäädöksin. Nyt hevoselle saa käyttää sellaisia aineita, jotka ovat edellä mainitun asetuksen liitteessä IV (käyttö kielletty). Tämän edellytyksenä on se, että hevosen tunnistusasiakirjaan tehdään merkintä siitä, että hevosen teurastus elintarvikkeena käytettäväksi on kielletty. Yleisimmin hevoselle käytettävä liitteen IV aine on **metronidatsoli**. Sellaisia lääkkeitä, joiden jäämien turvallisuutta kuluttajille ei ole arvioitu mutta jotka eivät kuulu liitteen IV luettelemiin aineisiin, saa käyttää hevoselle kuuden kuukauden varoajalla. Eläinlääkärin on tehtävä myös tästä merkintä hevosen tunnistusasiakirjaan. Tällaisia aineita ovat esimerkiksi **halotaani**, **dobutamiini** ja **dopamiini**.

Kirjallisuutta

Käsikirjat ja oppikirjat

- Anaesthesia of the Cat* (Toim. L. W. Hall & P. M. Taylor), Bailliere Tindall, London, 1994.
- Anesthesia*. 5th ed. (Toim. R.D. Miller), Churchill Livingstone, Philadelphia, 2000.
- Anestesiologia ja tehohoito*. 1. p. (Toim. P. Rosenberg, S. Alahuhta, J. Kanto & J. Takala), Duodecim, 1999.
- BSAVA Manual of Small Animal Anaesthesia and Analgesia* (Toim. C. Seymour & R. Gleed), BSAVA, 1999.
- Cornick-Seahorn, J.L.: *Veterinary Anesthesia*. The Practical Veterinarian. Butterworth-Heinemann, Boston, 2001.
- Equine internal medicine* (Toim. S. M. Reed & W. M. Bayly), Saunders. Philadelphia, 1998.
- Farmakologia ja toksikologia*, 6. p. (Toim. M. Koulu & J. Tuomisto), Medicina, Kuopio, 2001.
- Goodman and Gilman's The Pharmacological Basis of Therapeutics*, 10th ed. (Toim. J. G. Hardman, L. E. Limbird & A. G. Gilman), McGraw-Hill, 2001.
- Handbook of Veterinary Anesthesia* 3th ed. (Toim. W. W. Muir, J. A. E. Hubbel, R. T. Skarda & R. M. Bednarski), Mosby, St Louis, 2000.
- Handbook of Veterinary Drugs*, 2nd ed. (Toim. D. G. Allen, J. K. Pringle, D. A. Smith & K. Pasloske), Lippincott-Raven, Philadelphia, 1998.
- Kipu*. (Toim. E. Kalso & A. Vainio), Duodecim, Gummerus, Jyväskylä, 2002.
- Kirk's Current Veterinary Therapy XIII, Small Animal Practice* (Toim. J. D. Bonagura), Saunders, Philadelphia, 2000.
- Kirk and Bistner's Handbook of veterinary procedures & emergency treatment*. 7th ed. (Toim. S. I. Bistner, R. B. Ford & M. R. Raffae), Saunders, Philadelphia, 2000.
- Laboratory Animal Anaesthesia: A Practical Introduction for Research Workers and Technicians*, 2nd ed. (Toim. P. A. Flecknell), Academic Press, London, 1996.
- Lumb & Jones' Veterinary Anesthesia*, 3rd ed. (Toim. J. C. Thurmon, W. J. Tranquilli & G. J. Benson), Williams & Wilkins, Baltimore, 1996.
- Lääketieteellinen farmakologia ja toksikologia*. 3. p. (Toim. O. Pelkonen & H. Ruskoaho), Duodecim, 2003.
- Manual of Small Animal Anesthesia*, 2nd ed. (Toim. R. R. Paddleford), Saunders, 1999.
- Saunders Manual of Small Animal Practice*, 2nd ed. (Toim. S. J. Birchard & R. G. Sherding), Saunders, Philadelphia, 2000.
- Small Animal Clinical Pharmacology and Therapeutics*, (Toim. D. M. Boothe), W.B. Saunders company, Philadelphia, 2001.
- Textbook of Small Animal Surgery*. 3rd ed. (Toim. D. H. Slatter), Saunders, Philadelphia, 2002.
- Textbook of Veterinary Internal Medicine Volume 1*, 5th ed. (Toim. S. J. Ettinger & E. C. Feldman), Saunders, Philadelphia, 2000.
- The UFAW Handbook on the Care and Management of Laboratory Animals*. 7th ed., Vol. I, Terrestrial vertebrates, UFAW (Toim. T. B. Poole), Blackwell Science, Oxford, 1999.
- The Veterinary ICU Book* (W. E. Wingfield & M. R. Raffae), Teton NewMedia, Jackson, 2002.
- Veterinary Anaesthesia*, 10th ed. (Toim. L. W. Hall, K. W. Clarke & C. M. Trim), Saunders, London, 2000.
- Veterinary Anesthesia and pain management secret*. (Toim. S. A. Greene), Hanley & Belfus, Philadelphia, 2002.
- Veterinary Drug Handbook*, 4th ed. (Toim. D. C. Plumb), Iowa State University Press, Ames, 2002.
- Veterinary Medicine. A textbook of the diseases of cattle, sheep, pigs, goats and horses*. 9th ed. (Toim. O. M. Radostits, C. C. Gay, D. C. Blood & K. W. Hinchcliff), Saunders, London, 2000.
- Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 8th ed. (Toim. H. R. Adams), Iowa State University Press, Ames, 2001.

Lukukohtainen kirjallisuus

Luku 1

Neuroscience (Toim. D. Purves, G. J. Augustine, D. Fitzpatrick, L. C. Katz, A-S. LaMantia & J. O. McNamara), Sinauer Associates., Sunderland, MA, 1997.

Luku 3

Pertovaara A: Plasticity in descending pain modulatory systems. *Progr. Brain Res.* 129, 231-242, 2000.

Price DD: *Psychological mechanisms of pain and analgesia*. IASP Press, Seattle, 1999.

Textbook of pain. 4th ed. (P. W. Wall & R. Melzack), Churchill Livingstone, Edinburgh, 1997.

The neurobiology of pain (Toim. S. McMahon & P. D. Wall), *Seminars in the Neurosciences* 7, 1995, 195–293.

Woolf CJ & Mannion RJ: Neuropathic pain: aetiology, symptoms, mechanisms, and management. *Lancet* 353, 1959-1964, 1999.

Luku 5

Clinical Significance and Potential of Selective COX-2 Inhibitors. (Toim. J. Vane & R. M. Botting) , William Harvey, London, 1998.

Management of pain (Toim. K. A. Mathews), The Veterinary Clinics of North America, Small Animal Practice, vol 30, 4, 2000.

Luvut 6, 7 & 8

Anestesiologia ja tehohoito. 1. p. (Toim. P. Rosenberg, S. Alahuhta, J. Kanto & J. Takala), Duodecim, 1999.

Basic Physics and Measurement in Anaesthesia, 4th ed. (Toim. P. D. Davis, G. D. Parbrook & G. N. C. Kenny), Butterworth-Heinemann , Oxford, 1997.

Luku 12

Fluid Therapy in Small Animal Practice, 2. p. (Toim. S. P. DiBartola), Saunders, Philadelphia, 2000.

Luku 13

Callan MB: Red blood cell transfusions in the dog and cat. *Kirjassa: Schalm's Veterinary Hematology*, 5th ed. (Toim. B. F. Feldman, J. G. Zinkl & N. C. Jain), Lippincott Williams&Wilkins, Philadelphia, 2000.

Current Therapy in Equine Medicine, 5rd ed. (Toim. N. E. Robinson), Saunders, Philadelphia, 2003.

Canine and feline transfusion medicine. (Toim. A. T. Kristensen & B. F. Feldman BF), *Vet. Clin. North Amer., Small Animal Pract.* 25, 1231–1490, 1995.

Durham A.E.: Blood and plasma transfusion in the horse. *Equine Veterinary Education* 8, 8-12, 1996.

Luku 14

Brady CA, Otto CM: Systemic inflammatory response syndrome: sepsis and multiple organ dysfunction. *Vet. Clin. North Amer., Small Animal Pract.* 31, 1147–1162, 2001.

Cote E: Cardiogenic shock and cardiac arrest. *Vet. Clin. North Amer., Small Animal Pract.* 31, 1129–1145, 2001.

Goodrich LR: Postoperative Shock and Organ Failure. *Kirjassa: Manual of Equine Gastroenterology*. 1 p. (Toim. T. Mair, T. Divers & R. Ducharme), Saunders, London, 2002.

MacIntire DK & Bellhorn TL: Bacterial Translocation: clinical implications and prevention. *Vet. Clin. North Amer., Small Animal Pract.* 32 , 1165–1178, 2002.

MacKay RJ: Endotoxemia. *Kirjassa: Current Therapy in Equine Medicine*, 5th ed. (Toim. N. E. Robinson), Saunders, Philadelphia, 2003.

Moore KE & Murtaugh RJ: Pathophysiologic characteristics of hypovolemic shock. *Vet. Clin. North Amer., Small Animal Pract.* 31, 1115–1128, 2001.

Raffe MR: Complications of Anesthesia. *Kirjassa: Complications in Small Animal Surgery: diagnosis, management, prevention* (Toim. A. J. Lipowitz, D. D. Caywood, C. D. Newton & A. Schwartz), Lippincott, Williams & Wilkins, Baltimore, 1996.

Luku 20

Animal pain: a practice-oriented approach to an effective pain control in animals (Toim. L. J. Hellebrekers), Blackwell Science, 2000.

Kruse-Elliott K. T. Cardiopulmonary Resuscitation: Optimizing Success. *Kompendiumissa The North American Veterinary Conference*. Eastern States Veterinary Association, Gainesville, Florida, 93-95, 1999.

Pain management in animals (Toim. P. A. Flecknell & A. Waterman-Pearson), Saunders, London, 2000.

Luku 25

Carroll GL & Hartsfield SM: General anesthetic techniques in ruminants. *Vet. Clin. North Amer., Food Animal Pract.* 12, 627–661, 1996.

Skarda RT: Local and regional anesthesia in ruminants and swine. *Vet. Clin. North Amer., Food Animal Pract.* 12, 579–626, 1996.

Luku 27

Crow SE & Walshaw SO: *Manual of clinical procedures in the dog, cat & rabbit*. 2nd ed., Lippincott-Raven, Philadelphia, 1997.

Exotic animal formulary, 2nd ed. (Toim. J. W. Carpenter, T. Y. Mashima & D. J. Rupiper), Saunders, Philadelphia, 2001.

Handbook of wildlife chemical immobilization, International edition, Wildlife Pharmaceuticals, Fort Collins, Co, 2002.

Harkness JE & Wagner JE: *The biology and medicine of rabbits and rodents*, 4th ed., Williams & Wilkins, Baltimore, 1995.

Manual of Exotic Pets, 4th ed. (Toim. A. Meredith & S. Redrobe), Quedgeley, BSAVA, 2002.

Luku 28

Anesthesia and Analgesia in Laboratory Animals (Toim. D. F. Kohn, S. K. Wixson, W. J. White & G. J. Benson), Academic Press, San Diego, 1997.

Handbook of Laboratory Animal Science, Vol I–II (Toim. J. Hau & G. L. van Hoosier), CRC Press, Boca Raton, 2002.

Laboratory Animal Anaesthesia: Digital resources for trainers. CD-romien tiedot löydettävissä sivuilta: <http://www.digires.co.uk/video.html>

Vainio O: Koe-eläinten nukutus, kivunpoisto ja lopetus. *Kirjassa: Rottia, tutkijoita ja tuloksia. Koe-eläinkurssin oppikirja* (Toim. T. Nevalainen, U-M. Jaakkola, T. Kohila & J. Pudas), FinLAS ry., Helsinki, 1996.

Vainio, O, Hellsten C & Voipio H-M: Pain alleviation in laboratory animals – Methods commonly used for perioperative pain-relief. *Scandinavian Journal of Laboratory Animal Science*, 29, 1-21, 2002.

Waynforth HB & Flecknell PA: *Experimental and Surgical Techniques in the Rat*. 2nd ed., Academic Press, London 1992.

Luku 29

Avian Medicine: principles and applications (Toim. D. W. Zantop, B. Ritchie & G. J. Harrison), Zoological Education Network, 1997.

Manual of Exotic Pets, 4th ed. (Toim. A. Meredith & S. Redrobe), Quedgeley, BSAVA, 2002.

Ratite management, medicine, and surgery (Toim. T. N. Tully Jr. & S. M. Shane), Krieger, Malabar, Fl., 1996.

Zoo & Wild Animal Medicine, 2nd ed. (Toim. M. E. Fowler), Saunders, 1998.

Luku 30

- Bennett RA: A review of anesthesia and chemical restraint in reptiles. *J. Zoo Wildl. Med.* 22, 282–303, 1991.
- Exotic animal formulary*, 2nd ed. (Toim. J. W. Carpenter, T. Y. Mashima & D. J. Rupiper), Saunders, Philadelphia, 2001.
- Frye FL: Biomedical and surgical aspects of captive reptile husbandry*, vol. 2, Krieger, 1991.
- Reptile medicine and surgery* (Toim. D. R. Mader), Saunders, Philadelphia, 1996.
- Zoo & Wild Animal Medicine*, 2nd ed. (Toim. M. E. Fowler), Saunders, 1998.

Luku 31

- Fowler ME: *Restraint and Handling of Wild and Domestic Animals*. 2nd ed., Iowa State University Press, Ames, 1995.
- Handbook of wildlife chemical immobilization*, International edition, Wildlife Pharmaceuticals, Fort Collins, Co, USA, 2002.
- Nielsen, L: *Chemical immobilization of wild and exotic animals*, Iowa State University Press, Ames, 1999.

Luku 32

- Jalanka HH: Medetomidine, medetomidine-ketamine combinations and atipamezole in nondomestic mammals. A clinical, physiological and comparative study. Väitöskirja, Yliopistopaino, Helsinki, 1991.
- Smeds E: Sedation och anestesi av pälsdjur. *Suomen Eläinlääkärilehti*, 101,33, 1995.

Luku 33

- Burka JF, Hammell KL, Horsberg TE, Johnson GR, Rainnie DJ & Speare DJ: Drugs in salmonid aquaculture – a review. *J. vet. Pharmacol. Therap.* 20, 333–349, 1997.
- Lecklin T: Millä nukuttaisin kalan? *Suomen Kalankasvattaja* 1, 24–26, 1992.
- Ross LG & Ross B: *Anaesthetic and sedative techniques for aquatic animals*, 2nd ed., Iowa State University Press, Ames, 2000.
- Stoskopf M: Anaesthesia. *Kirjassa: Aquaculture for Veterinarians: fish husbandry and medicine* (Toim. L. Brown), Pergamon Press, Oxford, 1993.
- Summerfelt R & Smith LS: Anesthesia, surgery and related techniques. *Kirjassa: Methods for fish biology* (Toim. C. B. Schreck & P. B. Moyle), American Fisheries Society, Bethesda, 213–272, 1990.

Liite 1. Kauppanimien ja vaikuttavien aineiden luettelo

Luettelo on aakkostettu kauppanimen ja vaikuttavan aineen mukaan. Kauppanimien yhteydessä on lueteltu: myyntiluvan status Suomessa / myyntiluvan haltija / vaikuttava(t) aine(et) kirjan painoonmenon hetkellä. ML = myyntilupa eläinlääkintään; kML = keskitetty myyntilupa; EL = erityislupa; maEL = määräaikainen erityislupa; hML = myyntilupa ihmislääkintään; ? = ei myyntilupaa tiedossamme.

Kauppanimi vaikuttava aine ⇒ kauppanimet	Status / myyntiluvan haltija / vaikuttava aine
Abalgin®	hML / Nycomed / dekstropropoksifeeni
Abbodop®	hML / Abbott / dopamiinihydrokloridi
Actiq®	hML / Swedish Orphan / fentanyyli
Adrenalin®	maEL / Leiras / adrenaliini
adrenaliini ⇒ Adrenalin®	
adrenaliini-bupivakaiini ⇒ Marcain® adrenalin	
adrenaliini-lidokaiini ⇒ Lidocain® c. adrenalin, Xylocain® adrenalin	
aktiivihilli ⇒ Carbo medicinalis®, Carbomix®	
alfadoloni-alfaksaloni ⇒ Saffan®, Althesin®	
alfaksaloni-alfadoloni Althesin®, Saffan®	
alfentaniili ⇒ Rapifen®	
Alka-Seltzer®	hML / Bayer / asetyylisalisyylihapo
Alpoxen®	hML / Alpharma / naprokseeni
alpratsolaami ⇒ Alprazolam Generics, Alprox®, Xanor®	
Alprazolam Generics	hML / Pharmacia / alpratsolaami
Alprox®	hML / Orion Pharma / alpratsolaami
Antagonil®	? / Wildlife Pharmaceuticals / johimbiini
Antepsin®	maEL / Orion Pharma / sukralfaatti
Antisedan® vet	ML / Orion Pharma / atipametsoli
Alsucral®	maEL / Orion Pharma / sukralfaatti
Althesin®	? / (Glaxo) / alfadoloni-alfaksaloni
amantadiini ⇒ Atarin®	
amitriptyliini ⇒ Saroten®, Triptyl®	
apomorfiini ⇒ Apomorphin®	
Apomorphin®	EL / Woelm-Pharma / apomorfiini
ASA-Ratiopharm®	hML / Ratiopharm / asetyylisalisyylihapo
asepromatsiini ⇒ Plegicil®, Sedalin® Gel	
asepromatsiini-etorfiini ⇒ Large Animal Immobilon® vet	
asetyylisalisyylihapo ⇒ Alka-Seltzer®, ASA-Ratiopharm®, Aspirin®, Disperin®, Primaspan®	
atipametsoli ⇒ Antisedan® vet	
Atarin®	hML / Leiras / amantadiini
Atracurium Alpharma	hML / Alpharma / atrakuuribesilaatti
Atracurium Faulding	hML / Baxter / atrakuuribesilaatti
atrakuuribesilaatti ⇒ Atracurium Alpharma, Atracurium Faulding	
Atropin®	maEL / Leiras / atropiinisulfaatti
atropiinisulfaatti ⇒ Atropin®, Minims® Atropine sulphate, Oftan® Atropin	
atsaperoni ⇒ Stresnil®	
Betadine®	maEL / Leiras / povidoni, jodattu
Bicain®	hML / Orion Pharma / bupivakaiini
Brevibloc®	hML / Leiras / esmololi

Kauppanimi	Status / myyntiluvan haltija / vaikuttava aine
vaikuttava aine ⇒ kauppanimet	
Duranest®	? / AstraZeneca / etidokaiini
Durogesic®	hML / Janssen-Cilag / fentanyl
embutramidi-mebetsoniumjodidi-tetrakaiinihydrokloridi ⇒ T 61® vet	
Equipalazone®	EL / Arnolds Veterinary Products / fenylibutatsoni
Esmeron®	hML / Organon / rokuroni
esmololi ⇒ Brevibloc®	
Esofex®	hML / Leiras / ranitidiini
etidokaiini ⇒ Duranest®	
etodolaakki ⇒ Lodine®	
etomidaatti ⇒ Hypnomidate®	
etorfiini ⇒ M99®	
etorfiini-asepromatsiini ⇒ Large Animal Immobilon® vet	
Eutha 77®	EL / Berna VeterinärprodukteAG / pentobarbitaali
Felden®	hML / Pfizer / piroksikaami
fenpipramidi-metadoni ⇒ L-Polamivet® vet	
Fentanyl®	hML / Orion Pharma / fentanyl
Fentanyl Alpha®	hML / Alpha® / fentanyl
Fentanyl B. Braun®	hML / B. Braun / fentanyl
Fentanyl Hameln®	hML / Hameln Pharmaceuticals / fentanyl
fentanyl ⇒ Actiq®, Durogesic®, Fentanyl®, Fentanyl Alpha®, Fentanyl B. Braun®, Fentanyl-Hameln®	
fentanyl-droperidoli ⇒ Innovar-Vet®, Thalamonal®	
fentanyl-fluanisoni ⇒ Hypnorm®	
fenylibutatsoni ⇒ Equipalazone®, Hippopalazon®	
Finadyne® vet	ML / Schering-Plough / fluniksiinimeglumidi
Finquel MS-222®	EL / Argent Chemical Laboratories / trikaiinimetaanisulfonaatti
Flaxedil®	? / Concord Pharmaceuticals / gallamiini
fluanisoni-fentanyl ⇒ Hypnorm®	
flumatseniili ⇒ Lanexat®	
fluniksiinimeglumiini ⇒ Finadyne® vet, Flunixin®, Meflosyl® vet	
Flunixin®	ML / Norbrook / fluniksiinimeglumidi
Forene®	hML / Abbott / isofluraani
furosemidi ⇒ Dimazon® vet, Furovet® vet	
Furovet® vet	ML / Vetcare / furosemidi
gabapentiini ⇒ Neurontin®	
Gastrodyn® comp.	hML / Leiras / glykopyrroni-diatsepaami
Glycostigmin®	hML / Leiras / neostigmiini-glykopyrroni
gallamiini ⇒ Flaxedil®	
glykopyrroni ⇒ Robinul®	
glykopyrroni-diatsepaami ⇒ Gastrodyn® comp.	
glykopyrroni-neostigmiini ⇒ Glycostigmin®, Robinul-Neostigmin®	
guaifenesiini ⇒ Myolaxin®	
Halcion®	hML / Pharmacia / triatsolaami
haloperidoli ⇒ Serenase®	
halotaani ⇒ Halothane®	
Halothane®	EL / Makolpharm Arzneimittel / halotaani
hepariini ⇒ Heparin® Leo	
Heparin® Leo	maEL / Leo Pharma / hepariini
Hibernal	EL / Aventis Pharma / klorpromatsiini
Hippopalazon®	EL / ? / fenylibutatsoni
Hypnodil®	? / Janssen Pharmaceutica / metomidaatti

Kauppanimi	Status / myyntiluvan haltija / vaikuttava aine
vaikuttava aine ⇒ kauppanimet	
Litalgin®	hML / Leiras / metamitsoli-pitofenoni
Lodine®	hML / Algol / etodolaakki
L-Polamivet® vet	ML / Intervet / metadoni-fenpipramidi
loratsepaami ⇒ Temesta®	
M99®	? / Wildlife Laboratories / etorfiini
Mannitol® B. Braun	maEL / B. Braun / mannitoli
mannitoli ⇒ Mannitol® B. Braun	
Marcaïn® adrenalin	hML / AstraZeneca / bupivakaiini + adrenaliini
Marcaïn®	hML / AstraZeneca / bupivakaiini
mebetsoniumjodidi-tetrakaiinihydrokloridi-embutramidi ⇒ T 61® vet	
Mebunat® vet	ML / Orion Pharma / pentobarbitaali
medetomidiini ⇒ Domitor® vet, Zalopine®	
Medipam®	hML / Ratiopharm / diatsepaami
mefenaamihappo ⇒ Ponstan forte®	
Meflosyl® vet	ML / Fort Dodge/Scanvet / fluniksiinimeglumidi
meloksikaami ⇒ Metacam®, Mobic®	
mepivakaiini ⇒ Carbocain®, Intra-Epicaine, Scandicain®	
metadonihydrokloridi ⇒ Dolmed®	
metadoni-fenpipramidi ⇒ L-Polamivet® vet	
Metacam®	kML / Boehringer Ingelheim / meloksikaami
metamitsoli-hyoskiinibutyylibromidi ⇒ Buscopan Compositum® vet	
metamitsoli-pitofenoni ⇒ Litalgin®	
metokarbamoli ⇒ Robaxin®	
metoksifluraani ⇒ Penthrane®	
metomidaatti ⇒ Hypnodil®	
Metronex®	? / Cheminex, Pharmacia Animal Health / dimetridatsoli
midatsolaami ⇒ Dormicum®, Midazolam® Alpharma, Midazolam® Hameln	
Midazolam® Alpharma	hML / Alpharma / midatsolaami
Midazolam® Hameln	hML / Hameln Pharmaceuticals / midatsolaami
Migea®	hML / GEA / tolfenaamihappo
Minims® Amethocaine HCl	hML / Novartis / tetrakaiini
Minims® Atropine sulphate	maEL / Novartis / atropiinisulfaatti
Minims® Benoxinate HCl	maEL / Novartis / oksipuprokaiini
Miranax®	hML / Roche / naprokseeni
misoprostoli ⇒ Cytotec®	
Mivacron®	hML / GlaxoSmithKline / mivakuuri
mivakuuri ⇒ Mivacron®	
Mobic®	hML / Boehringer Ingelheim / meloksikaami
morfiinihydrokloridi ⇒ Morphin®, Depolan®, Dolcontin®	
Morphin®	hML / Leiras / morfiinihydrokloridi
Myolaxin®	EL / Geno Pharmaceuticals ? / guaifenesiini
nalbufiini ⇒ Nubain®	
nalmefeeni	? / Ivax / Cervene®
nalmefeeni	? / Ivax / Revex®
naloksoni ⇒ Narcanti®	
nalorfiini ⇒ Nalorfin®	
Nalorfin®	EL / Orion-Pharma / nalorfiini
naltreksoni ⇒ Revia®	
naprokseeni ⇒ Alpoxen®, Miranax®, Naprometin®, Napromex®, Naprosyn®, Naxopren®, Pronaxen®	
Naprometin®	hML / Roche / naprokseeni
Napromex®	hML / Ratiopharm / naprokseeni
Naprosyn®	hML / Roche / naprokseeni

Kauppanimi	Status / myyntiluvan haltija / vaikuttava aine
vaikuttava aine ⇒ kauppanimet	
Narcanti®	hML / DuPont, Meda / naloksoni
Narcoxyl® vet	ML / Intervet / ksylatsiini
Naropin®	hML / AstraZeneca / ropivakaiini
N-asetyylikysteini? ⇒ Parvolex®	
Natrosteril®	maEL / Baxter / 0,9 % natriumkloridi
Naxopren®	hML / Pharmacia / naprokseeni
neostigmiini-glykopyrroni ⇒ Glycostigmin®, Robinul-Neostigmin®	
Neurontin®	hML / Pfizer / gabapentiini
Nimbex®	hML / GlaxoSmithKline / sisatrakuuri
Nimed®	hML / Aventis Pharma / nimesulidi
nimesulidi ⇒ Nimed®, Sulidene®	
nitratsepaami ⇒ Insomin®	
Norcuron®	hML / Organon / vekuroni
Normison®	hML / Wyeth Lederle / tematsepaami
Nubain®	? / ? / nalbufiini
Oftan® Atropin	maEL / Santen / atropiinisulfaatti
Oftan® Flurecain	maEL / Santen / oksibuprokaiini
Oftan® Obucain	maEL / Santen / oksibuprokaiini
oksatsepaami ⇒ Opamox®, Oxamin®, Oxepam®	
oksibuprokaiini ⇒ Oftan® Flurecain, Oftan® Obucain, Minims® Benoxinate HCl	
Opamox®	hML / Orion Pharma / oksatsepaami
Orudis®	hML / Aventis Pharma / ketoprofeeni
Oxamin®	hML / Ratiopharm / oksatsepaami
Oxepam®	hML / Wyeth Lederle / oksatsepaami
Panadol®	hML / GlaxoSmithKline / parasetamoli
pankuroni ⇒ Pavulon®	
Paracetamol-Ratiopharm®	hML / Ratiopharm / parasetamoli
parasetamoli ⇒ Panadol®, Paracetamol-Ratiopharm®, Para-Tabs®, Perfalgan®	
Para-Tabs®	hML / Orion Pharma / parasetamoli
Parvolex®	maEL / Celltech Customer Services/Tamro / N-asetyylikysteiniini
Pavulon®	hML / Organon / pankuroni
pentatsoiini-naloksoni ⇒ Talwin NX®	
Penthrane®	? / Abbott / metoksifluraani
pentobarbitaali ⇒ Eutha 77®, Mebunat® vet	
Pentothal Natrium®	maEL / Abbott / tiopentaali
Perfalgan®	hML / Bristol-Myers Squibb / parasetamoli
petidiini ⇒ Petidin® Ipex	
Petidin® Ipex	maEL / Unimedic/Tamro / petidiini
Piroxal®	hML / Alpharma / piroksikaami
piroksikaami ⇒ Felden®, Piroxal®, Piroxin®	
Piroxin®	hML / Ratiopharm / piroksikaami
pitofenoni-metamitsoli ⇒ Litalgin®	
Plegicil®	EL / Pharmacia / asepromatsiini
Ponstan® forte	hML / Pfizer / mefenaamihappo
povidoni, jodattu ⇒ Betadine®	
prilokaiini-felypressiini ⇒ Citanest® Octapressin®, Xylonest	
Primaspan®	hML / Orion Pharma / asetyyლისისყილი
Pronaxen®	hML / Orion Pharma / naprokseeni
propionyylipromatsiini ⇒ Combelen®	
Propofol®	hML / Abbott / propofoli
Propofol® Alpharma	hML / Alpharma / propofoli

Kauppanimi	Status / myyntiluvan haltija / vaikuttava aine
vaikuttava aine ⇒ kauppanimet	
Propofol® Fresenius Kabi	hML / Fresenius Kabi / propofoli
Propofol-Lipuro®	hML / B. Braun / propofoli
propofoli ⇒ Diprivan®, Propofol®, Propofol® Alpharma, Propofol® Fresenius Kabi, Propofol-Lipuro®, Rapinovet® vet, Recofol®	
Quadrisol®	kML / Intervet / vedaprofeeni
Ranicur®	hML / Pharmacia / ranitidiini
Ranil®	hML / GEA / ranitidiini
Ranimex®	hML / Orion Pharma / ranitidiini
ranitidiini ⇒ Esofex®, Inside Brus®, Ranicur®, Ranil®, Ranimex®, Ranitidin® Alpharma, Ranitidin® Stada, Ranitidine® Biochemie, Ranitidine® Ranbaxy, Ranixal®, Zantac®	
Ranitidin Alpharma®	hML / Alpharma / ranitidiini
Ranitidin Stada®	hML / Stada, Berner / ranitidiini
Ranitidine Biochemie®	hML / Biochemie / ranitidiini
Ranitidine Ranbaxy®	hML / Sabora Pharma / ranitidiini
Ranixal®	hML / Ratiopharm / ranitidiini
Rapifen®	hML / Orion Pharma / alfentaniili
Rapinovet® vet	ML / Schering-Plough / propofoli
Recofol®	hML / Leiras / propofoli
remifentaniili ⇒ Ultiva®	
Revia®	hML / DuPont, Meda / naltreksoni
Revex®	? / Ivax / nalmefeeni
Revivon®	? / Novartis, Pherrovet / diprenorfiini
Rimadyl® vet	ML / Pfizer / karprofeeni
Ringer-asetat	maEL / Fresenius Kabi
Ringer-asetat® Braun	maEL / B. Braun
Ringersteril®	maEL / Baxter
Risolid®	hML / Alpharma / klooridiatsepoksidi
Rivatriil®	hML / Roche / klonatsepaami
Robaxin®	? / Wyeth Consumer Health Care / metokarbamoli
Robinul®	hML / Wyeth Lederle / glykopyrriini
Robinul-Neostigmin®	hML / Wyeth Lederle / neostigmiini-glykopyrriini
rokuroni ⇒ Esmeron®	
Romefen® vet	ML / Merial/Veter AB / ketoprofeeni
romifidiini ⇒ Sedivet®	
Rompun® vet	EL,ML / Bayer/Orion Pharma / ksylatsiini
ropivakaiini ⇒ Naropin®	
Saroten®	hML / Lundbeck / amitriptyliini
Saffan®	? / Mallinckrodt Veterinary Ltd. / alfaksaloni-alfadoloni
Scandicain®	EL / AstraZeneca / mepivakaiini
Sedalin® Gel	EL / Chassot / asepromatsiini
Sedivet®	EL,ML / Boehringer Ingelheim / romifidiini
Serenase®	hML / Orion Pharma / haloperidoli
SevoFlo®	kML / Abbott / sevofluraani
sevofluraani ⇒ SevoFlo®, Sevorane®	
Sevorane®	hML / Abbott / sevofluraani
sisatrakuuri ⇒ Nimbex®	
Stesolid®	hML / Alpharma / diatsepaami
Stresnil®	EL / Janssen / atsaperoni
Sublimaze®	? / Janssen-Cilag / fantanyyli
Sufenta®	hML / Janssen-Cilag / sufentaniili
sufentaniili ⇒ Sufenta®, Sufentaniil® Hameln	

Kauppanimi Status / myyntiluvan haltija / vaikuttava aine
vaikuttava aine ⇒ kauppanimet

Sufentanil Hameln®	hML / Hameln Pharmaceuticals / sufentaniili
Sukolin®	hML / Orion Pharma / suksametoni
sukralfaatti ⇒ Alsucral®, Antepsin®	
suksametoni ⇒ Sukolin®	
Sulidene®	ML / Virbac / nimesulidi
Suprane®	hML / Baxter / desfluraani
Surital®	? / Parke-Davis / tiamylaali
T 61® vet	ML / Intervet / embutramidi-mebetsoniumjodidi-tetrakaiinihydrokloridi
Talwin NX®	? / Sanofi-Synthelabo / pentatsosiini-naloksoni
tematsepaami ⇒ Normison®, Tenox®	
tepoksaliini ⇒ Zubrin® vet	
tetrakaiini ⇒ Minims Amethocaine HCl®	
tetrakaiinihydrokloridi-embutramidi-mebetsoniumjodidi ⇒ T 61® vet	
Telazol®	? / Wildlife Pharmaceuticals / tiletamiini-tsolatsepaami
Temesta®	hML / Wyeth Lederle / loratsepaami
Temgesic®	hML / Schering-Plough / buprenorfiini
Tenox®	hML / Orion Pharma / tematsepaami
Thalamonal®	? / Janssen / fantanyyli-droperidoli
tiamylaali ⇒ Surital®	
tiletamiini-tsolatsepaami ⇒ Telazol®, Zoletil®	
tiobutabarbitaali ⇒ Inactin®	
tiopentaali ⇒ Pentothal Natrium®	
tolfenaamihappo ⇒ Clotam®, Migea®	
Toradol®	hML / Roche / ketorolaakki
Torbugesic®	EL / ScanVet Animal Health / butorfanoli
triatsoleaami ⇒ Halcion®	
trikaiinimetaanisulfonaatti ⇒ Finquel MS-222®	
Triptyl®	hML / Orion Pharma / amitriptyliini
tsolatsepaami-tiletamiini ⇒ Telazol®, Zoletil®	
Ultiva®	hML / GlaxoSmithKline / remifentaniili
vedaprofeeni ⇒ Quadrisol®	
vekuroni ⇒ Norcuron®	
Wildnil®	? / Wildlife Pharmaceuticals / karfentaniili
Xanor®	hML / Pharmacia / alpratsolaami
Xylocain® adrenalin	maEL / AstraZeneca / lidokaiini-adrenaliini
Xylocain®	maEL / AstraZeneca / lidokaiini
Xylonest	EL / AstraZeneca / prilokaiini
Zalopine®	EL / Orion / medetomidiini
Zantac®	hML / GlaxoSmithKline / ranitidiini
Zoletil®	EL / Virbac / tiletamiini-tsolatsepaami
Zon®	hML / Antula Healthcare / ketoprofeeni
Zubrin® vet	kML / Schering-Plough / tepoksaliini

Hakemisto

A

- α -neendorfiini 50
- α_1 -antagonistinen vaikutus 34
- α_1 -reseptoripaus 27, 28
- α_2 -adrenergiset agonistit **32–34**, 32
- α_2 -adrenergiset antagonistit 40
- α_2 -agonisti + metadoni 54
- α_2 -agonistit 21, 27, **32–34**, 38, 49
 - analgettinen vaikutus 27, 49
 - balansoitu anestesia 28
 - eksitatorisen vasteen lamaaminen 21
 - epiduraalinen analgesia 105, 158
 - lammas ja nauta 207
 - esilääkityksenä
 - lammas ja vuohi 206
 - haittavaikutukset 33
 - kivunlievitys, postoperatiivinen 155, 160
 - koira, maksavikainen 182
 - lihaskrelaksaatio 32
 - luonnonvaraiset eläimet 236, 239, 240
 - nauta 198
 - opioidioksitaation esto 52
 - synergistinen sedaatio 20
 - turkiseläimet 245
 - vaikutus hengitykseen 33
 - vaikutus verenpaineeseen 33
 - vaikutusmekanismi 32
- α_2 -agonistit + bentsodiatsepiinit 31, 215
- α_2 -agonistit + ketamiini 112, 113
 - kaniini ja jyrsijät 215–216
 - luonnonvaraiset eläimet 242
- α_2 -agonistit + opioidit
 - kissa 185
 - koira 173
 - strutsi 231
- α_2 -agonistit + propofoli 111
 - lammas ja vuohi 208
- α_2 -antagonistit **34**, 38
 - herättäminen 37
 - luonnonvaraiset eläimet 239, 243
 - nauta 199
- α_2 -reseptorit 52
- α_2 -salpaajat. ⇨ α_2 -antagonistit
- Abalgin® 259
- Abbodop® 259
- ACD-liuos 11, 122
- acetaminophen 68. ⇨ parasetamoli
- ACTH 11, 50
- Actiq® 259
- adenosiini 19, 20
- adenosiiniantagonistit 20, **38**
- ADH 11, 133
 - koira, munuaisvikainen 181
- adrenaliini 259
 - arytmiat, halotaani 73
 - barbituraattianestesiassa 216
 - elvytys 168, 171, 199
 - hypertensio 164
 - hypotension hoito 164
 - infiltraatiopuudutus 174
 - periooperatiivisessa kivussa 156
 - puudutteissa **103**
 - takykardia 163
 - vapautuminen shokissa 131, 133
- adrenaliini + lidokaiini 104
- adrenaliini-bupivakaiini 259
- adrenaliini-lidokaiini 259
- Adrenalin® 259
- AFOS 11, 140
- aktiivihiihi 62, 259
- ALAT 11, 140
- aldosteroni 133
- alfadoloni **113**, 114
 - alfadoloni-alfaksaloni 259
 - alfaksaloni **113**, 114
 - alfaksaloni-alfadoloni 259
 - linnut 228
 - matelijat 233
 - minkki 246
- alfentaniili 38, 53, 54, 57, 259
- Alka-Seltzer® 259
- alkaloosi, metabolinen 120
- alkaloosi, respiratorinen 120
- alkoholi 19
- Alpoxen® 259
- alpratsolaami 30, 259
- Alprazolam Generics 259
- Alprox® 259
- Alsucral® 259
- Althesin® 113, 246, 259
- amantadiini 113, 162, 259
 - kroonisessa kivussa 162
- amazonpapukaija 228

- amfetamiini 18, 37
aminoglykosidit 97
aminohapot 14
4-aminopyridiini 34, 37, 38
amitriptyliini 27, 162, 259
 kroonisessa kivussa 162
analeptit, sentraaliset 37
anageetit, euforisoivat 48, 51
anemiat 123–124
anesteetit, haihtuvat 19
anestesia
 balansoitu 106–114
 eläintarhaeläimet 235–244
 hevonen 188
 kissa 183–187
 koe-eläimet 218–223
 linnut 224–231
 luonnonvaraiset eläimet 235–244
 nauta 198–205
 ongelmia 163–171
 sika 194–197
 turkiseläimet 245–246
 vaaratilanteita 163–171
anestesia-laitteistot 83–94
 hengitysjärjestelmät 87–93
 anestesiakammio 93
 avoin hengitysjärjestelmä 93
 Bainin järjestelmä 91
 Jackson-Reesin järjestelmä 92
 kiertävä järjestelmä 88
 non-rebreathing-järjestelmä 88
 to-and-fro-hengitysjärjestelmä 90
 höyrystimet 85–87
 Dräger Vapor -malli 86
 kaasulähde 83–84
 kaasunpoistojärjestelmät 93, 94
 paineentasausventtiili 84
 perusosat 83
 rotametrit 84–85
 toiminnan tarkastaminen 141–142
 ventilaattoreiden käyttö 141
 ventilaattorin normaaliasetuksia 142
 vuototestaus 141
anestesian seuranta 147–150
anestesian valinta, koira 172
Antagonil® 259
antagonistit, spesifit 38
Antepsin® 259
antidiureettinen hormoni 133. ⇨ ADH
antihistamiinit
 verensiirrossa 125
antihistamiinivaikutus 27, 28
antikoliiniesteraasit 36, 38, 98, 99
antikolinerginen vaikutus 28
antikolinergit 19, 21, 34, 35–36, 38, 99
Antisedan® vet 259
apomorfiini 37, 259
Apomorphin® 259
arakidonihappo 58, 59, 60
arapapukaija 228
ARAS 11, 17, 18, 20, 21, 22, 26, 112
ASA-Ratiopharm® 259
ASAT 11, 140
asepromatsiini 21, 28, 259
 balansoitu anestesia 28
 esilääkityksenä 27
 hevonen 188
 kissa 185
 koira 173
 lammas ja vuohi 206
 sika 29, 194
 strutsi 231
 koira, maksavikainen 182
 koira, sydänvikainen 182
 perioperatiivinen kipu 155
asepromatsiini + ketamiini
 chinchilla 217
 kissa 184
 koira 179
asepromatsiini + metadoni 54
 hevonen 189
asepromatsiini + opioidit
 koira 178
asepromatsiini + propofoli
 koira 177
 lammas ja vuohi 208
asepromatsiini-etorfiini 259
 luonnonvaraiset eläimet 240
asetoni 248
asetyylikoliini 14, 19, 20
 hajoaminen 96
 muskariinivaikutukset 20, 35
 rakenne 97
 synteesi 96
 välittäjäaineena
 hermo-lihasliitoksessa 96–97
 välittäjäaineena hermo-lihasliitoksessa 38
 vapautuminen 34
asetyylikoliiniesteraasi 96, 97
asetyylikoliiniesteraasi-inhibiittorit. ⇨
 antikoliiniesteraasit
asetyylikoliinireseptori 15
 hermo-lihasliitoksessa 95
asetyyლისისყილიჰაპო 61, 63, 259
 gerbiili 215
 hamsteri 216
 hiiri 214
 kaniini 211
 marsu 212
 rotta 213

- asidoosi, metabolinen 120
asidoosi, respiratorinen 120, 165
askorbiinihappo 68
aspiraatio 165
Atarin® 259
atipametsoli 34, 38, 259
 elvytys 168
 linnut 229
 nauta 199
herättäminen
 kissa 184
 koira 173
 lammas ja vuohi 206
 linnut 228
 matelijat 233
 minkki 246
hiiri ja rotta 222
kaniini ja jyrsijät 215
keisarileikkaus, koiranpentu 181
ketamiinin vaikutusaika 179
 linnut 228
 luonnonvaraiset eläimet 239, 243
 sinusbradykardian hoito 163
ATP II, 131
Atracurium Alpha 259
Atracurium Faulding 259
Atracurium® 98
atrankuuri 98
 sika 197
atrankuuribesilaatti 259
atropiini 21, 34, **35–36**, 38, 195
 elvytyksessä 168, 171
 esilääkityksenä 34
 hevonen 188
 kaniini ja jyrsijät 213
 koira 172
 lammas ja vuohi 206
 linnut 225
 matelijat 232
 sika 194, 196
 hevonen, koliikki 36
 keisarileikkaus, koiranpentu 181
 keskushermostovaikutukset 19
 koira, sydänvikainen 182
 lihaskalantien antagonistit 99
 puudutteen toksisuus 102
 sedatiivinen vaikutusmekanismi 20
 silmäkirurgia, nauta 200
 sinusbradykardian hoito 163
 sinustakykardia 163
 strutsi 231
atropiini + atsaperoni + ksylatsiini
 minisika 196
atropiini + midatsolaami + butorfanoli
 minisika 196
atropiini + neostigmiini 99
atropiini + suksametoni 98
atropiiniesteraasi 36
atropiinisulfaatti 259
Atropin® 194, 259
atsaperoni 21, 27, **29–30**, 195, 259
 esilääkityksenä
 sika 194, 195
 strutsi 231
atsaperoni + ketamiini
 sika 196
atsaperoni + ksylatsiini + atropiini
 minisika 196
atsaperoni + tiletamiini-tsolatsepaami
 sika 196
autoreseptorit, presynaptiset 16
AV-blokki 33
AV-katkos II
Azostix® 139
- B**
- β-endorfiini 44, 50
β-salpaajat 104
B₁₂-vitamiini 72, 82
barbituraatit 19, 21, 27, 31, 106, **107–110**
 antagonismi α₂-antagonisteilla 34
 eutanasia 250, 251
 herääminen, hevonen 192
 kaniini ja jyrsijät 216
 koe-eläimet 219
 koira, munuaisvikainen 181
 koira, sydänvikainen 182
 lihaskalantien puute 100
 lyhytvaikutteiset **109**
 metabolia ja eliminaatio 109
 reseptoriin sitoutuminen 111
 sika, yleisanestesia 196
 sika, yliannostusvaara 196
 turkiseläimet 245
 ultralyhytvaikutteiset **110**
barbituraatit + α₂-agonistit 33
barbituraatit + bentsodiatsepiinit 31
barbituraatit + guaifenesiini
 hevonen 191
Barbivet® vet 253
bariumhydroksidi 89
bentsodiatsepiiniantagonistit **32**, 38
bentsodiatsepiinireseptori 30
bentsodiatsepiinit 21, 27, **30–32**, 38
 analgeettinen vaikutus 40
 antagonismi a2-antagonisteilla 34
 balansoitu anestesia 28
 ihmislääkinnässä 30
 inhibitorisen vasteen voimistaminen 21
 kaniini ja jyrsijät 216

- koira, maksavikainen 182
 lihasrelaksaatio 106
 luonnonvaraiset eläimet 240
 opioidieksitaation esto 52
 reseptoriin sitoutuminen 111
 vaikutukset eläimiin 31
 bentsodiatsepiinit + α_2 -agonistit
 kaniini ja jyrsijät 215
 bentsodiatsepiinit + barbituraatit 31
 bentsodiatsepiinit + etomidaatti
 koira 182
 bentsodiatsepiinit + ketamiini 31
 kaniini ja jyrsijät 215
 luonnonvaraiset eläimet 242
 bentsodiatsepiinit + opioidit 31
 bentsokaiini 101, 248
 kalat 247–248, 249
 Betadine® 170, 259
 betaglykaani 137
 Bicain® 259
 bilirubiini 140
 BMR 11, 222
 bradykiniini 59, 160
 bradypnea 165
 Brevibloc® 259
 Brufen® 260
 BT 130
 bupivakaiini 105, 260
 epiduraalipuudutus
 koira 176–177
 infiltraatiopuudutus
 kissa 186
 koira 174
 koira ja kissa 158
 nivelpuudutus
 koira 175
 bupivakaiini + opioidit
 koira ja kissa 158
 bupivakaiini-adrenaliini 260
 buprenorfiini 21, 53, 56, 155, 260
 chinchilla 217
 epiduraalinen analgesia 158
 fentanylili, antagonismi 160
 gerbiili 215
 hamsteri 216
 herättäminen 159
 hiiri 214
 intraoperatiivisessa kivussa 156
 kaniini 211
 kaniini ja jyrsijät 212
 kissa
 esilääkityksenä 184
 koira
 epiduraalinen analgesia 177
 esilääkityksenä 174
 koira ja kissa
 annoksia 159
 epiduraalinen analgesia 158
 infuusiona 161
 marsu 212
 matelijat 232
 naloksonin tehottomuus 174
 perioperatiivinen kivunlievitys 159
 rotta 213
 buprenorfiini + bupivakaiini
 koira ja kissa 158
 Burana® 260
 Buscopan Compositum® vet 67, 260
 Buscopan® 260
 butorfanoli 21, 53, 56, 260
 esilääkityksenä
 hevonen 189, 192
 kissa 184
 koira 174
 linnut 226
 fentanylili, antagonismi 160
 herättäminen 159
 intraoperatiivisessa kivussa 156
 kissa, infuusiona 161
 koira ja kissa 159
 luonnonvaraiset eläimet 241
 strutsi 231
 butorfanoli + atropiini + midatsolaami
 minisika 196
 butorfanoli + medetomidiini
 kissa 184
 koira 174, 178
 butyrofenoni + fentanylili 30
 butyrofenoni + opioidit 30
 butyrofenonit 21, 27, 29–30, 52
 antiemeettinen vaikutus 30
 D₂-dopamiinireseptorien salpaus 30
 luonnonvaraiset eläimet 240
 butyrofenonit + ketamiini
 kaniini ja jyrsijät 215
 butyyliiskopolamiini 67
- C**
- c-FOS 11, 42
 c-JUN 11, 42
 Ca²⁺-kanavat 14
 Calcium-Sandoz® 260
 cAMP 11, 15, 16, 41
 Carbo medicinalis® 260
 Carbocain® 260
 Carbomix® 260
 Cervene® 260
 cGMP 11, 15
 Chirocaine® 260
 Citanest® Octapressin® 260

Clotam® 260
 Combelen® vet 28, 260
 Comforion® vet 260
 Confortid® 260
 COX 11, 59
 COX-1 59, 61, 62, 66, 69, 155
 COX-2 59, 61, 62, 65, 66, 67, 69, 155
 CPDA-1 11, 122
 CTZ 11, 30, 52
 CVP 11, 136, 148
 Cytotec® 260

D

D-tubokurariini 38, 98
 sika 197
 D₂-dopamiinireseptorisalpaus 28
 Dantrium® 260
 dantroleeni 260
 hevonen 168, 192
 D.A.P.-feromoni 152, 172
 DEA 11, 121
 dehydraatio 117
 Dehydrobenzperidol® 260
 deksametasoni
 hevonen 192
 deksmetedomidiini 260
 dekstropropoksifeeni 54, 55, 260
 Depolan® 260
 depolarisaatioaalto 14
 desfluraani 75–76, 78, 86, 260
 vaikutukset verenkiertoon 81
 detomidiini 21, 32–34, 38, 260
 anageettinen vaikutus 27
 epiduraalinen analgesia 105
 esilääkityksenä
 hevonen 188
 lammas ja vuohi 206
 strutsi 231
 hevonen, analgeetti 192
 luonnonvaraiset eläimet 239, 240, 243
 nauta, sedatiivi 198
 detomidiini + 4-aminopyridiini 38
 detomidiini + butorfanoli
 luonnonvaraiset eläimet 241
 detomidiini + ketamiini
 hevonen 190
 nauta 205
 detomidiini + metadoni
 hevonen 189
 Dexdomitor® 260
 Diapam® 260
 diatsepaami 21, 30, 31, 32, 38, 260
 antikonvulsioivinen, puudutteet 102
 esilääkityksenä
 kaniini ja jyrksijät 216

 kissa 184
 koira 173
 lammas ja vuohi 206
 linnut 226
 sika 195
 strutsi 231
 eutanasia 251
 herääminen, eksitaatio 152
 hevonen, lihasrelaksaatio 168, 192
 koira, lihasrelaksaatio 173
 koira, munuaisvikainen 181
 koira, sydänvikainen 182
 lihasrelaksaatio 106, 112
 luonnonvaraiset eläimet 242
 perioperatiivinen kipu 155
 strutsi, herääminen 231
 diatsepaami + etomidaatti
 koira 179
 diatsepaami + fentanylili
 koira 179
 diatsepaami + fentanylili-droperidoli
 kaniini 211
 diatsepaami + fentanylili-fluanisoni
 gerbiili 214
 hamsteri 216
 hiiri 214
 kaniini 211
 marsu 212
 rotta 213
 diatsepaami + ketamiini
 gerbiili 214
 koira 173, 179
 lammas ja vuohi 208
 linnut 228
 marsu 212
 sika 196
 strutsi 231
 diatsepaami + ketamiini + ksylatsiini
 linnut 227
 diatsepaami + medetomidiini + ketamiini
 kaniini 211
 diatsepaami + metadoni 54
 koira 179
 diatsepaami + propofoli
 koira 177, 178, 179
 diatsepaami + tiopentaali
 koira 178
 diatsepaami-glykopyrroni 260
 DIC 11, 124, 133
 dietyylieetteri 72–73, 78, 219. ⇨ eetteri
 difenoksyylaatti 52
 dihydrostreptomysiini 109
 Dimazon® vet 260
 dimetridatsoli 260
 dimetyylisulfoksidi (DMSO) 192

diprenorfiini 38, 55, 56, **57**, 260
luonnonvaraiset eläimet 239, 241
Diprivan® 260
dipyroni 67. → metamitsoli
Disperin® 260
dissosiativiset anesteetit 31
luonnonvaraiset eläimet 240
diureetit
elvytyksessä 169, 171
ylinesteytyksessä 125
DLF 44
DMSO (dimetyylisulfoksidi) 11, 192
Dobuject® 260
dobutamiini 260
elvytyksessä 169, 171
hypotension hoito 164
MRL-määräykset 254
shokin hoito 137
sinusbradykardian hoito 163
Dobutrex® 260
doksapraami 34, **37–38**, 260
elvytys 170
linnut 229
matelijat 234
nauta 199
herättäminen
sika 195
hypertensio 164
luonnonvaraiset eläimet 242
Dolcontin® 260
Dolmed® 260
Dolomet 260
Domitor vet® 260
Domosedan® vet 260
dopamiini 19, 27
elvytyksessä 169, 171
hypertensio 164
hypotension hoito 164
koira, munuaisvikainen 181
MRL-määräykset 254
shokin hoito 137
sinusbradykardian hoito 163
sinustakykardia 163
vapautuminen, ketamiini 112
vapautuminen stressissä 26
dopamiiniantagonistit 20, 21, 52, 55
dopamiinihydrokloridi 260
dopamiinireseptorisaapaajat 27
Dopmin® 260
Dopram® 260
Dormicum® 223, 260
droperidoli 21, 27, **29–30**, 260
droperidoli + midatsolaami
sika 195
droperidoli-fentanyyli 30, 38, 52, 55, 260

Duranest® 261
Durogesic® 160, 261
dynorfiini A 50
dynorfiini B 50
dynorfiinit 49, 50
E
ED₅₀ 11, 71
edrofoni 38, 99
EEG 11, 20, 80
EEG-muutokset
enfluraani 74
eetteri **72–73**
EKG 11, 33
anestesian seuranta 147
arytmiat shokin hoidossa 137
elvytyksessä 168
eutanasia 251
hypokalemiassa 118
hypokalsemiassa 119
hypomanganesemiassa 119
rytmihäiriöiden toteaminen 163
rytmihäiriöt 140, 147
strutsi 230
syketiheyden seuranta 147
elektrolyyttiliuokset 115
elektrolyyttitasapaino **115–120**
häiriöt **117–119**
kaliumin korvaustaulukko 118
korvattavan Na⁺-määrä 118
viitearvoja 115
elvytys
pieneläimet **168–170**
suureläimet **170–171**
embutramidi 250
embutramidi-mebetsoniumjodidi-tetrakaiini-
hydrokloridi 261
Emla® 104
endorfiinit 49
endotoksiini 130
enfluraani **74–75**, 80, 82
vaikutukset verenkiertoon 81
enkefaliinit 44, 49, 50
enkefalinaasi 50
epiduraalipuudutus
koira 176
nauta 207
vuohi ja lammas 207
Equipalazone® 261
esilääkitys
merkitys anestesiassa 25
esilääkitysaineet **26–38**
Esmeron® 98, 261
esmololi 163, 261
Esofex® 261

- etidokaiini 104, 261
 etodolaakki **63–64**, 261
 etomidaatti 21, **114**, 261
 kalat 248
 kissa 185
 etomidaatti + bentsodiatsepiini
 koira 182
 etomidaatti + diatsepaami
 koira 179
 etorfiini 21, 38, 53, **55**, 57, 261
 luonnonvaraiset eläimet 236, 239, 242, 243
 strutsi 231
 etorfiini + asepromatsiini
 luonnonvaraiset eläimet **240–241**
 etorfiini-asepromatsiini 261
 luonnonvaraiset eläimet 240
 etyylikloridi **105**
 euforisoivat analgeetit 49. ⇨ opioidit
 eutanasia **250–252**
 Eutha 77[®] 261
- F**
- farmakokinetiikka
 fysiologis-farmakokineettinen malli 23
 inhalaatioanesteetit 23
 keskushermostossa **23–25**
 Felden[®] 261
 felypressiini 104
 fenobarbitaali
 luonnonvaraiset eläimet 242
 PKV-lääkkeet 253
 2-fenoksietanoli
 kalat 248
 fenpipramidi-metadoni 54, 173, 261
 Fentanyl Alpha[®] 261
 Fentanyl B. Braun[®] 261
 Fentanyl Hameln[®] 261
 Fentanyl[®] 261
 fentanyl 21, 38, 53, 54, **55**, 261
 analgeettinen vaikutus 27
 herättäminen, naloksoni 57
 infusiona 161
 koira 177
 koira ja kissa, infuusio 161
 laastareissa 160
 fentanyl + bentsodiatsepiini
 koira 182
 fentanyl + butyrofenoni 30
 fentanyl + diatsepaami
 koira 179
 fentanyl + medetomidiini
 hiiri ja rotta 222
 fentanyl + metomidaatti
 gerbiili 215
 fentanyl-butyrofenoni 55
 fentanyl-droperidoli 30, 52, 55, 261
 kaniini 211
 kaniini ja jyrsijät 213, 216
 fentanyl-droperidoli + diatsepaami
 kaniini 211
 fentanyl-fluanisoni 30, 52, 261
 gerbiili 215
 hamsteri 216
 hiiri 214
 kaniini 211
 kaniini ja jyrsijät 213, 216
 marsu 212
 rotta 213
 fentanyl-fluanisoni + diatsepaami
 gerbiili 215
 hamsteri 216
 hiiri 214
 kaniini 211
 marsu 212
 rotta 213
 fentanyl-fluanisoni + midatsolaami
 hiiri ja rotta 222
 kaniini 211
 kaniini ja jyrsijät 216
 koe-eläimet 220
 fentanyl-fluanosoni 55
 fentanyylilaastarit 160–161
 koira ja kissa 159
 fentiatsiinijohdokset 27
 fentiatsiini 21, 27, **28–29**, 33, 51, 52
 luonnonvaraiset eläimet 240
 fenytoini 109
 fenyylibutatsoni 62, **64**, 67, 109, 261
 Finadyne[®] vet 261
 Finquel MS-222[®] 261
 Flaxedil[®] 261
 fluanisoni 21, 27, **29–30**
 fluanisoni-fentanyl 30, 52, 55, 261
 flumatseniili **32**, 38, 261
 fluniksiini **64–65**, 136, 164
 chinchilla 217
 gerbiili 215
 hamsteri 216
 hevonen 137, 192
 hiiri 214
 kaniini 211
 marsu 212
 rotta 213
 fluniksiinimeglumiini 64, 65, 261
 Flunixin[®] 261
 FMRI 11, 43
 Forene[®] 261
 FOS 41
 fosfolipaasi 59
 fosfolipaasi-A₂ 58, 59, 60

FR 43
 FSR 43
 FST 43
 furosemiidi 136, 168, 261
 elvytyksessä 171
 hyperkalsemian hoito 119
 koira, munuaisvikainen 181
 Furovet® vet 261
 fysostigmiini 38

G

G-penisilliini 103
 GABA 11, 19, 20, 21, 30, 31
 GABA_A-reseptorikompleksi 30
 GABA_A-reseptorit 19, 30
 GABA_B-reseptorit 19
 GABAerginen 20, 21, 28, 31, 104
 GABAergiset aineet 21
 gabapentiini 27, 162, 261
 kroonisessa kivussa 162
 gallamiini 38, 261
 sika 197
 Gamma-aminovoihappo 19. ⇨ GABA
 Gastrodyn® comp. 261
 gelatiini 123, 125
 GG 11, 190
 GGT 11, 140
 GLU 41
 glukokortikoidit 58, 59, 60
 anageettinen vaikutus 49
 anti-inflammatorinen vaikutus 48, 59, 61
 hyperkalsemian hoito 119
 verensiirrossa 125
 glukoosi 118
 anestesiasta toipuminen 109
 barbituraattianestesiassa 216
 hyperkalemian hoito 118
 koira, munuaisvikainen 181
 verensiirrossa 123
 glutamaatti 21, 41, 41, 42, 49, 161
 glutamiini 137
 Glycostigmin® 36, 194, 261
 glykopyrroni 34, 35–36, 38, 194, 261
 keisarileikkaus 99
 koira 172
 lammas ja vuohi 206
 lihaskalanttien antagonismi 99
 sika 194
 sinusbradykardian hoito 163
 strutsi 231
 glykopyrroni-diatsepaami 261
 glykopyrroni-neostigmiini 261
 glyseryyliiguajakolaatti 35, 100, 190, 205,
 206. ⇨ guaifenesiini
 glysiini 19, 21

glysiinireseptorit 21
 glysinerginen 21
 guaifenesiini 35, 95, 100, 206, 261. ⇨
 glyseryyliiguajakolaatti
 hevonen 190–191
 lihaskalanttio, hevonen 192
 guaifenesiini + barbituraatit 191
 guaifenesiini + ketamiini
 hevonen 191
 nauta 205
 guaifenesiini + propofoli 191

H

H₁-reseptorisalpaus 27, 28
 H₂-salpaajat 62
 Halcion® 261
 haloperidoli 29–30, 261
 halotaani 29, 71, 72, 73–74, 78, 226, 261
 arytmiat 103, 163
 haihduttimen puhdistus 141
 herkkyysvaihtelu, sika 82
 katekoliamiinien vapautuminen 156
 koira, munuaisvikainen 181
 koira, sydänvikainen 182
 lihaskalanttio 100
 maligni hypertermia 167, 196
 MRL-määräykset 254
 poistuminen, rasvaliukoisuus 79
 vaikutukset verenkiertoon 81
 yleisanestesia
 hevonen 191
 hiiri ja rotta 222
 kaniini ja jyräjät 214
 kissa 187
 koe-eläimet 221
 koira 180
 lammas ja vuohi 208
 linnut 226, 227
 matelijat 233
 sika 196
 strutsi 231
 halotaanihepatiitti 74
 Halothane® 226, 261
 happi 226
 anestesiakuvut 93
 elvytys 170
 linnut 229
 happisäiliöt 84
 hätähappi 85
 heräämisvaihe 151
 hypoksian hoito 163
 hypotension hoito 164
 kissa 183
 linnut 226
 maligni hypertermia 167

puudutteiden toksisuus 102
 riittävä osuus kaasusta 85
 rotametrit 85
 säiliöt 83
 shokkipotilaan hoito 136
 ylläpito
 kissa 187
 happi + typpioksiduuli 85
 hengitysjärjestelmät 88
 kissa 187
 happi-halotaani 83
 happo-emästasapaino **115–120**
 korvattava bikarbonaattimäärä 120
 viitearvoja 115
 happo-emästasapainohäiriöt **119–120**
 Hb 11
 hematokriitti 140
 hemofilia A 124
 hemoglobiini 140
 hemolyysi 125
 hengitysjärjestelmät **83–94**
 hengityspysähdys
 linnut 229
 hengitystiheys 148
 hepariini 122, 145, 261
 Heparin® 122, 261
 heräämisen valvonta **151–153**
 heräämisvaiheen toiminta **151–152**
 herättäminen
 antagonistien käyttö **36–37**
 heroini 54
 Hibernol 261
 hiilidioksidi 248
 Hippopalazon® 261
 histamiini 59, 60, 98
 Hkr II, 133, 136, 224
 HPV II, 81
 hyaluronidaasi **103**
 hydroksietyylitärkkelys 117
 5-HT II, 19, 20, 48, 60
 kivun säätelymekanismit 44
 5-hydroksitryptamiini. ⇨ 5-HT
 hyoskiini 21, 38
 hyoskiinibutyylibromidi 67, 262
 hyoskiinibutyylibromidi-metamitsoli 262
 hyperkalemia 118
 hyperkalsemia 119
 hyperkapnia 165
 hypermagnesemia 119
 hypernatremia 118
 hypertensio 164
 hypertermia 167
 hypertermia, maligni 167
 perinnöllinen, sika 196
 Hypnodil® 261

Hypnomidate® 262
 Hypnorm® 30, 55, 213, 216, 2232 262
 hypokalemia 118
 hypokalsemia 119, 125
 hypoksia 165
 hypomagnesemia 119
 hyponatremia 118
 hypoproteinemia 125, 140
 hypotensio 164
 hypotermia 166, 167, 210
 hypovolemia 117
 hyytymishäiriöt 124–125

I

Ibumax® 262
 Ibumetin® 262
 ibuprofeeni **65**, 262
 Ibuprofen-Ratiopharm® 262
 Ibusal® 262
 Ibuxin® 262
 idatsoksaani 34, 38
 luonnonvaraiset eläimet 239
 IL 11
 IL-1 130
 IL-10 130
 IL-4 130
 IL-6 130
 ilmarinta 166
 ilokaasu **72**, 83. ⇨ typpioksiduuli
 heräämisvaiheessa happea 151
 hevonen 191
 ilmarinta 167
 sika 196
 IMHA 124
 immobilisaatio
 eläintarhaeläimet **235–244**
 luonnonvaraiset eläimet **235–244**
 Inactin® 262
 Indocid® 262
 indometasiini **65**, 262
 Indometin® 262
 inhalaatioanesteetit **71–76**
 farmakokinetiikka 23, 77–82
 höyrystyvät nesteet 72–77
 kaasut 72
 koira, sydänvikainen 182
 ominaisuudet 71
 vaikutukset elimistöön 77–82
 inhalaatioanesteetit + α_2 -agonistit 33
 inhalaatioanestesia
 edut ja haitat 24
 injektioanesteetit
 farmakokinetiikka 25
 injektioanestesia
 edut ja haitat 24

Innovar-Vet® 30, 55, 213, 262
 Inside Brus™ 262
 Insomin® 262
 insuliini
 hyperkalemian hoito 118
 interleukiinit 130
 Intra-Epicaine 262
 intubaatio **143–145**
 intubaatioputken asento 143
 IP3 11, 15, 16, 41
 Isoba vet 262
 Isoflo vet® 262
 isofluraani 74, **75**, 226, 262
 balansoitu anestesia 28
 hevonen, herääminen 151
 keisarileikkaus
 kissa 187
 koira 181
 koira, maksavikainen 182
 koira, munuaisvikainen 181
 koira, sydänvikainen 182
 lidokaiini-infuusio 161
 lihaskrelaksaatio 100
 vähäinen toksisuus 82
 vaikutukset verenkiertoon 81
 yleisanestesia
 hevonen 191
 hiiri ja rotta 222
 kaniini ja jyrsijät 214, 215
 kissa 187
 koe-eläimet 221
 koira 180
 lammas ja vuohi 208
 linnut 226
 matelijat 233
 sika 196
 strutsi 231
 Isofluran® 262
 Isofluran® Baxter 262

J

Jaco (Afrikan harmaa) papukaija 228
 johimbiini 33, 34, 38, 262
 elvytys, linnut 229
 luonnonvaraiset eläimet 239, 242, 243
 johtopuudutus
 koira 175, 176
 JUN 41

K

kakadu 228
 kalmoduliini 41
 kalsium 14, 118
 hevonen 193

kalsiumglubionaatti 126, 262
 kalsiumhydroksidi 88
 kaoliini 47
 karbakoliini 36, 38
 karbogeeni 223
 karfentaniili 53, 54, **55**, 262
 luonnonvaraiset eläimet 241
 strutsi 231
 karprofeeni 61, **65–66**, 262
 kaniini 211
 matelijat 232
 perioperatiivinen kipu 155
 rotta 213
 katekoliamiinit
 arytmiat, ketamiini 112
 kammiolisälyönnit 163
 rytmihäiriöt 227
 takylardia 180
 vapautuminen anesteeteilla 81
 vapautuminen anestesiassa 156
 vapautuminen, eetteri 73
 vapautuminen kivussa 156
 vapautuminen shokissa 131
 keskushermosto
 5-HT-erginen välitys **18–19**
 dopaminerginen välitys **18**, 20
 eksitoivat aminohapot **19**
 inhiboivat aminohapot **19–20**
 kolinerginen välitys **19**
 lamaavat lääkeaineet **20–22**
 noradrenerginen välitys **17–18**, 20
 rakenne ja toiminta **13–15**
 toiminnalliset alueet **16–19**
 keskuslaskimopaine (CVP) 148
 Ketalar® 206, 253, 262
 (S)-ketamiini 262
 ketamiini 33, 34, 41, 72, 106, 109, 112, **112–113**, 205, 206, 262
 antagonismi α_2 -antagonisteilla 34
 chinchilla 217
 eutanasia 251
 hamsteri 216
 hengityspysähdys, linnut 234
 herääminen, matelijat 234
 hypertensio 164
 induktiossa
 koira 177
 lammas ja vuohi 208
 matelijat 233
 infusiona
 kivunlievitys 161
 koira ja kissa 161
 kaniini ja jyrsijät 215–216
 keisarileikkaus, pennut 181
 koira, sydänvikainen 182

- kudosaärsytys 211
 lihasrelaksaatio 100
 luonnonvaraiset eläimet 239, 241–242
 matelijat 232
 PKV-lääkkeet 253
 sinustakykardia 163
 turkiseläimet 245
 vaikutusmekanismi 162
 yleisanestesia
 hevonen 190
 kissa 185
 koira 178–179
 lammas ja vuohi 208
 matelijat 233
 sika 195
 ketamiini + asepromatsiini
 chinchilla 217
 kissa 184
 ketamiini + atsaperoni
 sika 196
 ketamiini + bentsodiatsepiinit 31
 ketamiini + detomidiini
 hevonen 190
 nauta 205
 ketamiini + diatsepaami
 gerbiili 215
 kaniini ja jyrsijät 216
 kissa 185
 koira 173, 179
 lammas ja vuohi 208
 linnut 226, 228
 marsu 212
 sika 196
 strutsi 230
 ketamiini + diatsepaami + medetomidiini
 kaniini 211
 ketamiini + guaifenesiini
 hevonen 191
 nauta 205
 ketamiini + kloraalihydraatti
 hevonen 191
 ketamiini + ksylatsiini 34
 chinchilla 217
 eutanasia 251
 gerbiili 214
 hamsteri 216
 hevonen 190
 hiiri 214
 hilleri 246
 kaniini 211
 kaniini ja jyrsijät 215
 kettu 245
 linnut 227–228, 229
 luonnonvaraiset eläimet 242
 marsu 212
 nauta 204
 rotta 213
 sika 195, 196
 strutsi 231
 ketamiini + lidokaiini + opioidi 161
 ketamiini + medetomidiini 34
 eutanasia 251
 gerbiili 215
 hamsteri 216
 hiiri ja rotta 222
 hilleri 246
 kaniini 211
 kettu 245
 kissa 183, 184
 lammas ja vuohi 208
 linnut 228
 marsu 212
 minisika 196
 rotta 212
 ketamiini + midatsolaami
 kissa 185
 minkki 246
 ketamiini + neurolepti
 sika 195
 ketamiini + romifidiini
 hevonen 190
 ketamiini + tiopentaali
 hevonen 190
 ketamiini-ksylatsiini 227
 Ketamine® 206, 262
 Ketaminol® vet 206, 253, 262
 Ketanest-S® 262
 Keto® 262
 Ketomex® 262
 ketoprofeeni 64, 66, 67, 262
 hevonen 137
 kaniini 211
 matelijat 232
 Ketorin® 262
 ketorolaakki 66, 262
 keuhkovaltimopaine 148
 kiniinit 60
 kipu
 herkistyminen niveltulehduksessa 47
 kipujärjestelmän plastisuus 45–48
 kivun arviointi 39–41
 kivun komponentit 39–41
 kivun muuntelujärjestelmät 43–45
 kivun välitysjärjestelmät 41–43
 neuronien ehdollistuminen 46
 kipulääkitys
 epiduraalinen 158
 kipulääkitysvaihtoehtoja
 chinchilla 217
 gerbiili 215

- hamsteri 216
 hiiri 214
 kaniini 211
 rotta 213
 kipulääkkeet 48
 vaikutusmekanismi 13
 kipuradat 43, 44, 48
 kiputestit **39–41**
 klonatsepaami 30, 262
 klonidiini
 epiduraalinen analgesia 105
 klooratut tuholaismyrkyt 109
 klooridiatsepoksiidi 21, 30, 262
 perioperatiivinen kipu 155
 klooripromatsiini 21, 262
 esilääkityksenä 27
 eutanasia 251
 MRL-määräykset 254
 klooriprotikseeni 27
 klopoksidi 21
 kloraalihydraatti 21, 27, **34–35**, 114
 hevonen 191
 koe-eläimet 221
 kloraalihydraatti + ketamiini 191
 kloraalihydraatti + tiopentaali 191
 kloramfenikoli
 MRL-määräykset 254
 kloroformi 219
 koe-eläimet 219
 MRL-määräykset 254
 Klorproman® 262
 kodeiini 48, 51, 54
 kofeiini 20, **38**
 kokaiini 103
 koliini 96
 koliiniasetyylitransferaasi 96
 koliiniesteraasi-inhibiittorit. ⇨ antikoliiniesteraasit
 koliiniesteraasit 97
 kolinerginen muskariinireseptori 15
 kolinerginen nikotiinireseptori 15
 kolinergetiset aineet 38
 kolloidit 115
 kortikosteroidit 169
 elvytys, linnut 229
 kortikotropiini 50
 kreatiiniini 116, 140
 kremofori EL 113
 krooninen kipu 162
 kroonisen kivun lievitys 162
 KROX 41
 KROX-24 11
 krystalloidit 115
 ksylatsiini 21, **32–34**, 38, 206, 262
 analgeettinen vaikutus 27
 epiduraalinen analgesia 105
 esilääkityksenä
 hevonen 188
 kissa 184
 koira 173
 lammas ja vuohi 206
 strutsi 230
 herääminen barbituraateista 192
 hevonen, analgeetti 192
 hevonen, herääminen 152
 hypertensio 164
 koira, sydänvikainen 182
 luonnonvaraiset eläimet 239, 240, 242, 243
 matelijat 233
 nauta 198
 nauta, villiintynyt 205
 sedaatio tai immobilisaatio
 hamsteri 216
 hiiri 214
 rotta 213
 yleisanestesia
 lammas ja vuohi 208
 nauta 205
 ksylatsiini + 4-aminopyridiini 38
 ksylatsiini + atropiini + atsaperoni
 minisika 196
 ksylatsiini + diatsepaami
 kaniini ja jyräjät 216
 ksylatsiini + ketamiini
 chinchilla 217
 gerbiili 215
 hamsteri 216
 hevonen 190
 hiiri 214
 hilleri 246
 kaniini 211
 kaniini ja jyräjät 215
 kettu 245
 linnut 227, 228
 luonnonvaraiset eläimet 242
 marsu 212
 rotta 213
 sika 195, 196
 strutsi 231
 ksylatsiini + metadoni
 hevonen 189
 nauta 199
 ksylatsiini + tiletamiini-tsolatsepaami
 sika 196
 ksylatsiini + tiopentaali
 nauta 204
 ksylatsiini + ketamiini
 nauta 204
 KTA 135
 kurare 98. ⇨ D-tubokurariini

K-vitamiini 125

K-Y-jelly® 187

L

L-metadoni. ⇨ metadoni

L-Polamivet® vet 173, 263

huumausaineet 253

laktaatti

anestesiasta toipuminen 109

laktuloosi 137

Lanexat® 262

Large Animal Immobilon® vet 262

Large Animal Revivon® vet 262

laryngospasmi 165

laskimokanylointi **145–146**

LC 12, 44

leukenkefaliini 50

leukotrieenit 58, 59, 60, 61, 69

levallorfaani

luonnonvaraiset eläimet 241

levobupivakaiini 262

Lidocain® 147, 262

Lidocain® c. adrenalin 262

lidokaiini 32, 103, **104**, 262

arytmioiden hoito 110

hevonen 164

koira 163

elvytyksessä 171

epiduraalipuudutus 53

hevonen 190

koira 176–177, 180

lammas ja vuohi 207

nauta 202

sika 195

hevonen, johtopuudutus 189

hevonen, kastraatio 189

hevonen, paikallispuudutus 189

infiltraatiopuudutus

kissa 186

koira 174

lammas ja vuohi 207

matelijat 233

nauta 200

infusiona kivunlievitykseen 161

intubointi 145

kissa, pintapuudutus 186

koira, infusiona 160

koira ja kissa 158

koira, laskimonsisäinen puudutus 175

koira, nivelpuudutus 175

laskimokanylointi 146

laskimotulehdus 110

luonnonvaraiset eläimet 242

nauta, paravertebraalipuudutus 201

nauta, puudutus laparotomiaan 201

nauta, sarven puudutus 199

nauta, silmän poisto 199

nauta, silmän puudutus 200

nauta, vetimen puudutus 202

raajojen puudutus, nauta 203, 204

vuohi, sarven poisto 207

lidokaiini + ketamiini + opioidit 161

lidokaiini-adrenaliini 262

lidokaiinimyrkytys 109

lihassrelaksantit **95–100**

anestesian syvyyden arviointi 80

annoksia 98

depolarisoivat **97–98**

eutanasia 250, 251

halotaani potensoi 73

keskushermostoon vaikuttavat **100**nondepolarisoivat **98–99**antagonistit **99–100**

rakennekaavoja 97

sika 197

vaikutuksen kumoaminen 36

vaikutusmekanismit **97**

yhdistelmäänestesia 106

lipokortiini 59

lipoksigenaasit **58**, 59, 69

lipopolysakkaridi 130

lisälyönnit, kammioeräiset 163

Litalgin® 67, 263

L-metadoni. ⇨ metadoni

Lodine® 263

lofentaniili 53

loratsepaami 30, 263

lori 229

LOX 12, 69

LPS 12, 130

luomirefleksi 149

M

M99® 263

MAC 12, **71–72**, 75

desfluraani + happi 75

desfluraani + typpioksiduuli 75

halotaani 73, 80

isofluraani 75

lidokaiinin vaikutus 156

sevofluraani + happi 76

sevofluraani + typpioksiduuli 76

Mannitol® B. Braun 263

mannitoli 263

elvytyksessä 169, 171

koira, munuaisvikainen 181

shokin hoito 134, 136

Marcain® 263

Marcain® adrenalin 263

MDF 12, 133

- mebetsonijodidi 250
mebetsoniumjodidi-tetrakaiinihydrokloridi-
 embutramidi 263
mebumaali 109
Mebunat® vet 253, 263
medetomidiini 21, 32–34, 38, 263
 analgeettinen vaikutus 27, 160
 epiduraalinen analgesia 105
 esilääkityksenä
 kaniini 210
 kissa 183, 184
 koira 173
 lammas ja vuohi 206
 sika 195
 strutsi 231
 eutanasia 251
 herääminen, eksitaatio 152
 hypertensio 164
 kettu 245
 koe-eläimet 215
 koira ja kissa, infuusiona 161
 koira, keisarileikkaus 180
 koira, postoperatiivinen kipu 152
 koira, sydänvikainen 182
 kudosperfuusion heikentyminen 149
 luonnonvaraiset eläimet 239, 243
 matelijat 233
 rotta 213
medetomidiini + 4-aminopyridiini 38
medetomidiini + antikolinergit 172
medetomidiini + butorfanoli
 kissa 184
 koira 174, 178
medetomidiini + fentanyl
 hiiri ja rotta 222
 koira 179
medetomidiini + ketamiini
 gerbiili 215
 hamsteri 216
 hiiri ja rotta 222
 hilleri 246
 kaniini 211
 kaniini ja jyrsijät 215
 kettu 245
 kissa 183, 184
 koe-eläimet 220
 koira 178
 lammas ja vuohi 208
 linnut 228
 luonnonvaraiset eläimet 243, 244
 marsu 212
 minisika 196
 rotta 213
medetomidiini + ketamiini + diatsepaami
 kaniini 211
medetomidiini + ketamiini + ksylatsiini
 linnut 227
medetomidiini + metadoni
 koira 179
 supikoira 246
medetomidiini + midatsolaami
 koira 173
medetomidiini + morfiini
 koira 179
medetomidiini + propofoli
 kaniini 211
 kissa 185
 koira 177
Medipam® 263
mefenaamihappo 66, 69, 263
mefenesiini 100
Meflosyl® vet 263
meklofenaamihappo 67
melatoniini 19, 20
meloksikaami 61, 67, 69, 263
 matelijat 232
 perioperatiivinen kipu 155
meperidiini 38, 55. ⇨ petidiini
mepivakaiini 103, 105, 263
Metacam® 263
metadoni 21, 38, 53, 54, 263
 analgeettinen vaikutus 27
 esilääkityksenä
 hevonen 189
 kissa 184, 185
 koira 173–174, 179, 181
 nauta 199
 herättäminen, naloksoni 57
 huumausaineet 253
 koira ja kissa, infuusiona 161
 koira, keisarileikkaus 180
 nauta, sedatiivina 199
 vasikka 205
metadoni + α_2 -agonisti 54
metadoni + asepromatsiini 54
 hevonen 189
 koira 178
metadoni + detomidiini
 hevonen 189
metadoni + diatsepaami 54
 koira 179
metadoni + ksylatsiini
 hevonen 189
 nauta 199
metadoni + medetomidiini
 supikoira 246
metadoni-fenpiiramidi 54, 173, 263
metamitsoli 67–68
metamitsoli-hyoskiinibutyylibromidi 263
metamitsoli-pitofenoni 263

- metenkefaliini 50
metokarbamoli 263
 hevonen 168
metoksisfluraani 263
 kaniini ja jyräjät 214
metomidaatti 263
 kalat 248
metomidaatti + fentanyl
gerbiili 215
metoserpaatti 27
Metronex® 263
metronidatsoli
 MRL-määräykset 254
midatsolaami 21, 30, 31, 32, 38, 263
 esilääkityksenä
 kissa 184
 koira 173
 lammas ja vuohi 206
 linnut 226
 sika 195
 lihasrelaksaatio 106
 perioperatiivinen kipu 155
 yleisanestesia
 lammas ja vuohi 208
midatsolaami + butorfanoli
 kissa 184
midatsolaami + butorfanoli + atropiini
 minisika 196
midatsolaami + droperidoli
 sika 195
midatsolaami + fentanyl-fluanisoni
 hiiri ja rotta 222
 kaniini 211
 kaniini ja jyräjät 216
midatsolaami + ketamiini
 minkki 246
midatsolaami + ketamiini + ksylatsiini
 linnut 227
midatsolaami + metadoni
 kissa 184
midatsolaami + morfiini
 kissa 184
Midazolam® Alharma 263
Midazolam® Hameln 263
Migea® 263
Minims® Amethocaine HCl 263
Minims® Atropine sulphate 263
Minims® Benoxinate HCl 263
Miranax® 263
misoprostoli 62, 69, 263
Mivacron® 263
mivakuuri 98, 263
MK-801 41
MMMELO 12, 253
Mobic® 263
MODS 12, 129, 137
monoamiinit 14
morfiini 21, 38, 40, 45, 48, 51, 52–
 53, 54, 56, 57
 analgeettinen vaikutus 27
 annoksia
 koira ja kissa 159
epiduraalinen analgesia 105, 158
 koira 177
 koira ja kissa 158
esilääkityksenä
 hevonen 189
 kissa 184
 koira 173–174, 179, 181
gerbiili 215
hamsteri 216
herättäminen, naloksoni 57
hiiri 214
kaniini 211
kaniini ja jyräjät 212
kivun säätelymekanismi 44
koira ja kissa, infuusiona 161
marsu 212
rakenne 54
rotta 213
morfiini + asepromatsiini
 koira 178
morfiini + bupivakaiini
 koira ja kissa, epiduraalinen analgesia 158
 nivelpuudutus 158
morfiinihydrokloridi 263
morfiinisulfaatti 53
Morphin® 263
MRL 12, 253, 254
MS-222® 248
 kalat 247
Multistix® 140
muskariinireseptorisaapaajat 35
muskariinireseptorit 22
Myolaxin® 206, 263
- N**
- nalbufiini 56, 263
nalmefeeni 57, 263
 luonnonvaraiset eläimet 241
naloksoni 38, 50, 53, 56, 57, 155, 263
 buprenorfiini 174
 herättäminen 159
 kaniini ja jyräjät 212
 koira, keisarileikkaus 181
 luonnonvaraiset eläimet 241
 neuroleptanalgesia 216
 opioidien yliannostelu 159
nalorfiini 38, 56, 263
 hiiri ja rotta 222

luonnonvaraiset eläimet 241
 Nalorfin® 263
 naltreksoni 57, 263
 luonnonvaraiset eläimet 241
 naprokseeni 68, 263
 Naprometin® 263
 Napromex® 263
 Naprosyn® 263
 Narcanti® 264
 Narcoxyl® vet 264
 Naropin® 264
 N-asetyylidikysteini 68, 264
 natriumbikarbonaatti
 akuutti tulehduskipulääkemyrkytys 62
 asidoosi hyperkalemiassa 118
 hevonen 193
 hyperkalsemian hoito 119
 kalat 249
 maligni hypertermia 167
 metabolinen asidoosi 120
 natriumhydroksidi 88, 89
 natriumlaktaatti
 barbituraattianestesiassa 216
 Natrosteril® 264
 Naxopren® 264
 neomysiini 109
 neostigmiini 36, 38, 99
 neostigmiini + atropiini 99
 neostigmiini-glykopyrroni 264
 nestetasapaino 115–120
 korvattavan nestemäärän laskeminen 116
 viitearvoja 115
 nestetasapainohäiriöt 115–117
 nestetyppi 105
 neurolepti + ketamiini
 sika 195
 neuroleptianalgesia 27, 38, 52, 53
 kaniini ja jyrsijät 213
 neuroleptit 27, 28–30
 luonnonvaraiset eläimet 240
 neuromediaattorit 15
 neuromodulaattorit 15
 neuromuskulaarisalpaajat 38
 Neurontin® 264
 neuropeptidit 14
 nikotiinireseptorit 21
 Nimbex® 264
 Nimed® 264
 nimesulidi 264
 nitratsepaami 21, 30, 264
 perioperatiivinen kipu 155
 nitrofuraanit
 MRL-määräykset 254
 NMDA 12
 NMDA-reseptorit 21, 41, 42

NO (typpioksidi) 131
 noradrenaliini 20, 49
 α_2 -agonistien vaikutusmekanismi 21, 32
 kivun säätelymekanismit 44, 48
 vapautuminen shokissa 132
 vapautuminen stressissä 26
 vapautumisen väheneminen 32
 noradrenerginen tonus 52
 Norcuron® 98, 264
 nordiatsepaami 30
 Normison® 264
 NRM 12, 44
 NSAIDs 12, 58
 Nubain® 264
 nukutus
 koira, keisarileikkaus 180
 tavoitteet 20
 nukutusaineet 18
 nukutusvaihtoehtoja
 chinchilla 217
 gerbiili 215
 hamsteri 216
 hiiri 214
 kaniini 211
 koira, terve 178
 koira, vanha tai sairas 179
 lohikalat 248
 marsu 212
 rotta 213
 strutsi 231
 nymfipapukaija 228

O

Oftan® Atropin 264
 Oftan® Flurecain 264
 Oftan® Obucain 264
 oksatsepaami 30, 264
 oksibuprokaiini 103, 264
 kissa, pintapuudutus 186
 nauta, silmän puudutus 200
 oksifenylibutatsoni 64
 oksikodoni 54
 oksimorfonit 38, 54, 66
 Opamox® 264
 opiaatit 48
 opioidiagonisti-antagonistit 56
 opioidiagonistit 54
 osittaiset 53, 55, 56
 puhtaat 53, 54–56
 opioidiantagonistit 37, 38, 55, 56–57
 opioidireseptorit 48, 49–50, 54, 155
 opioidit 20, 21, 25, 27, 32, 38, 48–57, 154, 159
 analgeettinen vaikutus 27

- analgeettisen tehon vertailu 52
 annoksia 158
 balansoitu anestesia 106, 113
 epiduraalianalgesia 53, 105, 158
 epiduraalipuudutus
 kissa 186
 lammas ja nauta 207
 herättäminen, naloksoni 57
 hevonen 188, 189
 kaniini ja jyrsijät 212
 kissa, induktio 185
 koe-eläimet 221
 koira 177
 koira, munuaisvikainen 181
 krooninen kipu 162
 lihasrelaksaation puute 100
 luonnonvaraiset eläimet 240
 matelijat 232
 nivelen sisäisesti 158
 oksennusrefleksi 30
 perioperatiivinen kipu 159
 sedaatiovaikutus 28
 vaikutukset elimistöön **51–53**
 vertailu tulehduskipulääkkeisiin 155
 opioidit + bentsodiatsepiinit 31
 opioidit + butyrofenoni 30
 opioidit + ketamiini
 koira 179
 opioidit + lidokaiini + ketamiini 161
 opioidit + propofoli 111
 opioidit + tulehduskipulääkkeet 60
 opioidit, endogeeniset 44, **49–50**, 51, 52
 kivun säätelymekanismit 44, 48
 organofosfaatit 97
 Orudis® 264
 Oxamin® 264
 Oxepam® 264
- P**
- PABA 12, 103
 PAG 12, 44
 paikallispuudutteet 32, 48, 49
 p-aminobentsoehappo 103
 Panadol® 264
 pankuroni 38, 98, 264
 sika 197
 Para-Tabs® 264
 Paracetamol-Ratiopharm® 264
 parasetamoli 60, **68–69**, 71, 264
 parasetamolimyrkytys 68
 parasymptomolyytit **35–36**
 Parvolex® 264
 Pavulon® 264
 pektiini 137
 pentatsosiini 53, 56
 pentatsosiini-naloksoni 264
 Penthrane® 226, 264
 pentobarbitaali **107**, 108, **109**, 264
 eutanasia 250, 251
 farmakokinetiikka 109
 hengityksen lamaaminen 108
 kaniini ja jyrsijät 216
 koe-eläimet 221
 lidokaiinikouristukset 104
 PKV-lääkkeet 253
 sika, yleisanestesia 196
 pentoksifylliini 136
 Pentothal Natrium® 264
 Perfalgan® 264
 perfenatsiini 28
 perfuusio, perifeerinen 147
 perioperatiivinen kipu
 infuusioannoksia 161
 perioperatiivisen kivun lievitys 154–162
 PET 12, 43, 46
 petidiini 21, 38, 52, 54, **55**, 264
 herättäminen, naloksoni 57
 hevonen 189
 kaniini ja jyrsijät 212
 matelijat 232
 Petidin® Ipex 264
 PG 12
 PGE₂ 59, 60, 130
 PGF_{2α} 62
 piroksikaami **69**, 264
 Piroxal® 264
 Piroxin® 264
 pitofenoni 67
 pitofenoni-metamitsoli 264
 PKC 12, 41
 PKV 253
 PKV-lääke 12
 PKV-lääkkeet 253
 plasmavolyymiin lisääjät 115
 Plegicil® 28, 185, 264
 polymyksiini 136
 POMC 12, 49, 50
 Ponstan® forte 264
 porttikontrolli 43, 49
 postoperatiivinen kipu
 oireet 157
 potilaan arviointi **138–140**
 povidoni, jodattu 264
 prilokaiini **104**
 prilokaiini-felypressiini 264
 Primaspan® 264
 pro-opiomelanokortiini 49, 50
 prodynorfiini 49, 50
 proenkefaliini 49, 50
 prokaiini 103, 104

proklooriperatsiini 28
 prometatsiini 28
 Pronaxen® 264
 propionyylipromatsiini 28, 264
 esilääkityksenä 27
 Propofol-Lipuro® 265
 Propofol® 264
 Propofol® Alpharma 264
 Propofol® Fresenius Kabi 265
 propofoli 21, 106, 109, **111**, 265
 balansoitu anestesia 28
 induktiossa
 koira 177, 178, 181
 lammas ja vuohi 208
 matelijat 233
 keisarileikkaus
 kissa 187
 koira 181
 koira, maksavikainen 182
 koira, sydänvikainen 182
 lihaskalvosaation puute 100
 linnut 228
 luonnonvaraiset eläimet 242
 turkiseläimet 245
 yleisanestesia
 hevonen 190
 hiiri 214
 kaniini 211
 kaniini ja jyrsijät 216
 kissa 185
 koira 177–178
 lammas ja vuohi 208
 luonnonvaraiset eläimet 244
 matelijat 233, 234
 rotta 213
 sika 196
 propofoli + α_2 -agonistit 33
 lammas ja vuohi 208
 propofoli + adrenaliini
 rytmihäiriöt 111
 propofoli + asepromatsiini
 koira 177
 lammas ja vuohi 208
 propofoli + diatsepaami
 koira 177, 179
 propofoli + guaifenesiini
 hevonen 191
 propofoli + medetomidiini
 kaniini 211
 kissa 185
 koira 177
 propoksaatti
 kalat 248
 propyleeniglykoli 31
 diatsepaamivalmisteissa 31

 etomidaattivalmisteissa 114, 179
 prostaglandiinit 160
 prostanoidit 58, 59, 60, 61
 prostasykliinit **58**
 proteiinit, seerumin 140
 pseudokoliiniesteraasit 97, 103
 pulssioksimetri 148, 149
 punasolujen määrä 140
 pupillat 149
 puudutteet **101–105**, 154
 adrenaliini **102–103**
 amidirakenteiset **104–105**
 annoksia 158
 eliminaatio **101–102**
 esterirakenteiset **103–104**
 haittavaikutukset **102**
 vaikutusmekanismi **101–102**, 103
 pyridostigmiini 99

Q

Quadrisol® 265

R

Ranicur® 265
 Ranil® 265
 Ranimex® 265
 ranitidiini 62, 265
 Ranitidin Alpharma® 265
 Ranitidin Stada® 265
 Ranitidine Biochemie® 265
 Ranitidine Ranbaxy® 265
 Ranixal® 265
 Rapifen® 265
 Rapinovel® vet 265
 rauhoitusaineet **26–38**
 rauhoitusvaihtoehtoja
 chinchilla 217
 gerbiili 215
 hamsteri 216
 hiiri 214
 kaniini 211
 kissa, sairas 184
 kissa, terve 184
 marsu 212
 minisika 196
 rotta 213
 rauwolfia 27
 rauwolfia-alkaloidit 27
 RE-järjestelmä 12
 Recofol® 265
 redistribuutio 24
 regurgitaatio 165
 remifentaniili 54, 265
 reseptorit **15–16**

reserpiini 27
 Revex® 265
 Revia® 265
 Revivon® 265
 Rgc 44
 righting-refleksi 28
 Rimadyl® vet 265
 Ringer-acetat 265
 Ringer-acetat® Braun 265
 Ringerin asetaatti 168
 elvytyksessä 168
 Ringersteril® 265
 Risolid® 265
 Rivatril® 265
 Robaxin® 265
 Robinul-Neostigmin® 265
 Robinul® 194, 265
 rokuroini 98, 265
 Romefen® vet 265
 romifidiini 21, **32–34**, 38, 265
 anageettinen vaikutus 27
 hevonen 189
 lammas ja vuohi 206
 romifidiini + 4-aminopyridiini 38
 romifidiini + ketamiini
 hevonen 190
 Rompun® vet 265
 ropivakaiini 105, 265
 rosella 228
 rytmihäiriöt 163

S

SA-blokki 33
 SA-katkos 12
 Saffan® 113, 228, 233, 246, 265
 salisylaatit 109
 metabolia 63
 sappihapot 140
 Saroten® 265
 SC-PB 44
 Scandicain® 265
 SDH 12, 140
 sedaatio
 hevonen **188**
 sika **194**
 sedaatiovaihtoehtoja
 strutsi 231
 Sedalin® Gel 265
 sedatiivit 18, 27, 208, 250
 luonnonvaraiset eläimet 240
 Sedivet® 265
 selluloosa 137
 sentraaliset analeptit 34
 Serenase® 265
 serotoniini 48, 59, 60, 112
 kivun säätelymekanismit 44, 48
 SevoFlo® 265
 sevofluraani 74, **76**, 78, 82, 265
 hevonen 191
 vaikutukset verenkiertoon 81
 Sevorane® 265
 SG 12
 shokki
 elinvauriot 133–134
 endotokseeminen 130
 hypovoleeminen 129, 135
 kardiogeeninen 129
 kliiniset oireet 134–135
 nestehoito 135–136
 neurogeeninen 129
 obstruktiivinen 129
 patofysiologia 129–134
 restriktiivinen 129
 septinen 130
 vaskulogeeninen 129
 verenpaineen säätely 132
 sinusbradykardia 163
 sinustakykardia 164, 165
 SIRS 12, 130, 131, 135, 137
 sisatrankuuri 98, 265
 skopolamiini 21, 38
 keskushermostovaikutukset 19
 soda lime 88
 steroidianesteetit 19, 21, **113–114**
 Stesolid® 265
 stetoskooppi, esophageaalinen 147
 STM 12, 253
 Stresnil® 195, 265
 strykniini 37, 109
 Sublimaze® 265
 substanssi P 41, 42, 49
 Sufenta® 265
 sufentaniili 38, 53, 54, 57, 265
 Sufentanil Hameln® 266
 sukkinyylikoliini. ⇨ suksametoni
 Sukolin® 98, 266
 sukralfaatti 62, 166, 266
 suksametoni 96, **97–98**, 266
 eutanasia 251
 sika 197
 suksinyylikoliini 97. ⇨ suksametoni
 sulfonamidit 103, 109
 Sulidene® 266
 Suprane® 266
 Surital® 266
 sydämen syketiheys 147
 sydänhieronta 169, 170
 sydänhieronta, avo- **169–171**
 sydänhieronta, ulkoinen **169**

sydänpysähdysten oireet 165
 syklinen AMP 32. ➔ cAMP
 syklo-oksigenaasit 58, 59, 155
 sytokiinit 59
 sähkötaimutus, kalat 247

T

T 61[®] vet 250, 251, 266
 Talwin NX[®] 266
 Telazol[®] 31, 196, 234, 242, 266
 tematsepaami 30, 266
 Temesta[®] 266
 Temgesic[®] 266
 Tenox[®] 266
 tepoksaliini 69, 266
 tetrakaiini 103, 250, 266
 tetrakaiinihydrokloridi-embutramidi-
 mebetsoniumjodidi 266
 Thalamonal[®] 30, 55, 213, 266
 tiamylaali 110, 266
 yleisanestesia, sika 196
 tiletamiini 112–113
 turkiseläimet 245
 tiletamiini-tsolatsepaami 112, 266
 luonnonvaraiset eläimet 242
 matelijat 234
 sika 196
 strutsi 231
 tiletamiini-tsolatsepaami + atsaperoni
 sika 196
 tiletamiini-tsolatsepaami + ksylatsiini
 sika 196
 tiobarbituraatit
 yleisanestesia, nauta 204
 tiobutabarbitaali 266
 koe-eläimet 221
 tioksanteeni 27
 tiomebumaali 110
 tiopentaali 107, 108, 109, 110–113, 266
 eutanasia 251
 induktiossa
 koira 177, 178
 lammas ja vuohi 208
 sika 196
 kudosaärsytys 177
 kumuloituminen 177
 rotuerot vasteissa 138
 yleisanestesia
 hevonen 190
 koira 178
 lammas ja vuohi 208
 sika 196
 tiopentaali + diatsepaami
 koira 178
 tiopentaali + ketamiini

hevonen 190
 tiopentaali + kloraalihydraatti
 hevonen 191
 tiopentaali + ksylatsiini
 nauta 204
 TIVA 12, 106
 TNF α 12, 130
 toisiolähetit 14, 15
 tolatsoliini 34, 38
 luonnonvaraiset eläimet 239
 tolfenaamihappo 66, 69–70, 266
 Toradol[®] 266
 Torbugesic[®] 266
 totaaliproteiinit, plasman 116, 133
 TP 12, 133, 136
 trakeostomia 166
 trakeotuubin poisto 152
 tramadoli 55, 159, 162
 kroonisessa kivussa 162
 triatsolaami 30, 266
 trikaiini 101
 trikaiinimetanisulfonaatti 266
 kalat 247–248
 trikloorietanoli 35
 Triptyl[®] 266
 tromboksaanit 58
 trombosytopenia 125
 tsolatsepaami 30, 31
 perioperatiivinen kipu 155
 tsolatsepaami-tiletamiini 266
 luonnonvaraiset eläimet 242
 tulehduskipulääkkeet 37, 48, 49, 58–
 70, 62, 154, 162
 akuutin myrkytyksen hoito 62–63
 analgeettinen teho 159
 analgeettinen vaikutus 59–60
 anti-inflammatorinen vaikutus 60–61
 antipyreettinen vaikutus 59
 dopingsäännöt 62–63
 fentanylilaastarit 160
 haittavaikutukset 61–62
 hevonen 192
 hevonen, endotoksemia 137
 kaniini ja jyräjät 212
 koira, maksavikainen 182
 krooninen kipu 162
 kuumeen mekanismi 60
 munuaisperfuusio heikentynyt 164
 vaikutusmekanismi 58
 vertailu opioideihin 155
 tulehduskipulääkkeet + opioidit 60
 tutkimismenetelmiä, potilaan 140
 TX 12, 58
 tymoli 141
 tympania 166

typpioksidi (NO) 131
 typpioksiduuli **72**, 80, 82, 84, 88, 94. ⇨
 ilokaasu
 linnut 227
 säiliöt 83, 84
 vaikutukset verenkiertoon 81
 yleisanestesia
 kaniini ja jyrsijät 214
 kissa 187
 lammas ja vuohi 208
 typpioksiduuli + halotaani 73
 typpioksiduuli + happi 85
 tärkkelys 123, 125

U

Ultiva® 266
 undulaatti 229
 urea 116
 uretaani 221
 uudelleenjakautuminen 24

V

valtimopulssi 147
 valtimoverenpaine 148
 varfariinimyrkytys 125, 139
 vasodilaattorit 125
 vedaprofeeni **70**, 266
 vekuroni 98, 99, 266
 sika 197
 verensiirto 122–123
 verensiirtoreaktiot 127
 verenvuotoshokki 123
 veri 121
 verikaasuanalyysi 149
 veriryhmät

hevonen 126
 koira ja kissa 121–122
 verivalmisteet 121
 von Willebrandin tauti 124
 vW-tauti 12, 124
 välittäjäaineet **14–16**
 eksitatoriset 14, 15
 inhibitoriset 14
 presynaptinen inhibiatio 14

W

Wildnil® 266

X

Xanor® 266
 Xylocain® 147, 266
 Xylocain® adrenalin 266
 Xylonest 266

Y

yhdistelmäänestesia **106–114**
 yleisanesteetit
 vaikutusmekanismi 13
 yleisanestesia
 luokittelu syvyyden kuvaamiseksi 22
 oireet anestesian syvetessä 22
 ylinesteytys 125

Z

Zalopine® 266
 Zantac® 266
 Zoletil® 31, 196, 234, 242, 266
 Zon® 266
 Zubrin® vet 266

1. Iivonen, Raisa (toim.): Eläinlääketieteellisen julkaisun laatiminen. 1999.
2. Lassila, Pilvi: Eksoottisten lemmikkieläinten terveyden- ja sairaudenhoito: ohjeita omistajille. 2001.
3. Pyörälä, Erkki: Kotieläinten synnytysoppi. 2003.

