

# 脳波判読のポイント

九州大学大学院医学研究院脳研臨床神経生理

飛松省三

2004年4月1日 Version 1.0

2006年4月5日 Version 2.0

## -1 はじめに

脳波に対するアレルギーを少しでも減らそうとして、「脳波を楽しく読むためのミニガイド」と「脳波アトラス」を作成しました。今回、この2つを編集し直して、脳波判読のポイントを作成しました。脳波に関する解説書、教科書は多数ありますが、肩のこらない内容にしています。判読の手助けになれば幸いです。この章では、1) 脳波でよく使われる表現、2) 導出法の特徴、3) 目のつけどころなどを解説します。

## -2 脳波を楽しみましょう

脳波の有用性を理解している神経内科医ですら、近年は脳波よりも画像所見を重視するようになってきました。これは何故でしょうか。おそらく、脳波を自在に読みこなすには、脳波に対する経験と臨床的知識が不可欠であり、初心者にとって、これはとても長く困難な道のように思えるからでしょう。

神経内科の研修医時代に恩師加藤元博九大名誉教授から脳波の手ほどきを受けましたが、いつになったら加藤先生のようにいともたやすく脳波を判読できるようになるのだろうかと憧れとともに不安が一杯でした。時が経ち、研修医に脳波を教える立場になり、脳波所見会でポカーンとし、あるいは居眠りをしている研修医に脳波の魅力をいかに教えるかは私にとって試練でした。学部学生に脳波や誘発電位を教えた後アンケート調査をすると、1割弱に「脳波は難しい」との答えが返ってきます。教え方が悪いと反省する一方、8割は大体わかったという回答があり、来年も今以上に工夫して教えなければならないと元気が湧いてきます。熱心な学生は脳波カンファレンスに参加してくれ、以下の感想をメールで送ってきました(文面まま)。

昨日は脳波カンファに参加させて頂き、ありがとうございました。実際の判読の様子は、やはり自ら考えられる点で面白かったですし真剣にもなれます。しかし脳波はデジタル情報ではなくアナログ情報である分、脳波の検査用紙に書かれた膨大な量の波形を前に、自分のような初心者にはどこが正常でどこが異常なのか全く分かりませんでした。飛松教授が、「ここなんかどう？」と何度か指摘してくださるうちにすこし着眼点がわかるようになりましたが、次第にありとあらゆる箇所が怪しく感じられるようになり、？が多く残りました。やはり、難しいです。脳波は心電図とも違って正常な波形すら分かりにくいですし、異常波形の出現時間が短すぎなので、何か見落としが無いかドキドキします。今回担当の方が「ここは・・・特になさそうですね。」とおっしゃりつつ先に進むたび、事前の詳細な検討と判読力の的確さに感嘆の思いでした。やはり飛松教授のもとで毎回鍛錬している方々は違いますね。僕のような小心者は自信がないので、せめて振動数別(、 、 波)に色分けなどコンピューターで処理できれば・・・などと思ってしまいます。出来ればもっと多くの症例を経験してみたいのですが、時間の方が取れにくく、継続して参加というのはできそうになく、残念です。でももし機会があればメールしますのでご迷惑でない範囲で結構ですので参加させてください。そのときはよろしく願います。(S.F. 九州大学医学部医学科3回生)

上記の感想は、おそらく脳波を読み始めた多くの医師が感じることでしょう。脳波をただの波形分析として捉えると退屈で面白くありません。脳機能のダイナミックス

を知るには、最小限度の事を頭に入れておく楽しく脳波を読めるようになるのではないのでしょうか。

### -3 脳波でよく使われる表現を覚えましょう<sup>1)</sup>

脳波は時々刻々と変化する脳の自発的電氣的活動を頭皮上の電極から記録したものです。脳波は読んで字の如く波から構成され、しばしばリズムを形成します。0.5~1秒ほど一定の周波数の波が連続すると人間の目には脳波が律動的に見えます。脳の活動状態により脳波の波形、振幅、周波数が変化します。

周波数成分は波の速さによって以下のように区分され命名されています。すなわち、(アルファ)波: 8~13Hz、(ベータ)波: 14~30 Hz、(シータ)波: 4~7Hz、(デルタ)波: 0.5~3Hz、です。波、波は徐波、波は速波とも呼ばれます。脳波の振幅は谷から山までの高さをいい、通常は5~150  $\mu$ Vです。

よく使われる表現を以下にまとめてみました。

#### 1) 律動、律動的 rhythm, rhythmic

一定の周波数の波が連続して出現すると律動的に見えます。後頭部の波や睡眠紡錘波などが代表的です。

#### 2) 活動 activity

脳波全誘導に出現するあらゆる種類の脳波背景活動を指します。

#### 3) 覚醒度 vigilance

脳波は時々刻々と変化するため常に覚醒度を考慮しながら、読む必要があります。後頭部の波の連続性が乏しくなったり、その周波数が遅くなり、振幅が低下すると覚醒度が低いということになります。この時に徐波が出現しても覚醒度が高い時に出現する徐波に比べて病的意義はありません。

#### 4) 同期的 vs 非同期的 synchronous vs asynchronous

徐波や棘徐波結合が左右両半球にほぼ同時に出現する場合、徐波や棘徐波結合が両側同期的に前頭部優位に出現するなど表現します。一方、このような徐波の非対称性(左右どちらかが振幅が大きいが)が明らかな場合、非同期的に出現するという表現を使います。一方、脱同期(desynchronization)は、同期して出てくる波が開眼により覚醒度が上がり、視床-皮質間の脱同期により抑制される時などに使います。

#### 5) 間欠的 vs 持続的 intermittent vs continuous (persistent)

徐波が不規則な間隔でバースト状に出現する場合を間欠的といい、前頭部間欠性活動(frontal intermittent delta activity, FIRDA)がその代表です。ほぼ連続的に出現する場合を持続的と表現し、持続性多形性活動(persistent polymorphous delta activity, PPDA)がその代表です。間欠的に出現していても、一定の間隔で出る場合は周期的(periodic)という言葉を使います。Creutzfeldt-Jakob病の周期性同期性放電(periodic synchronous discharges, PSDs)がその典型です。PSDよりもっと間隔が短くなると反復性 repetitive という表現になります。

#### 6) 反応性 reactivity

開眼、音、光、痛み刺激に対する脳波の反応性を指します。反応性がないとそれだけ異常の程度が強いことを意味します。

7) まれに rare, 時に occasional, しばしば frequent

種々の活動の出現頻度を表します。まれに出現する活動は脳波所見用紙に記載しても、脳波異常判定の程度には重きをおかない方が無難です。

8) 低振幅 (low amplitude) < 20  $\mu\text{V}$ 、中等振幅 (moderate amplitude) 20  $\mu\text{V}$  ~ 80  $\mu\text{V}$ 、高振幅 (high amplitude) 80  $\mu\text{V}$ >

振幅には上のような基準があります。振幅 100 ~ 150  $\mu\text{V}$  程度の波と具体的に記載するのも良いですが、高振幅の波と書いても構いません。

#### -4 導出法の特徴をつかみましょう<sup>2)</sup>

##### 1) 差動型増幅器

脳波はグリッド1の電極とグリッド2の電極の電位差(差分)を測定します。これにより同相信号(交流雑音)は相殺され、異相信号(脳波)が検出されます。脳波計では上向きの振れが陰性で、下向きが陽性です。陰性が陽性かは相対的なものです。例えば、グリッド1の電位が-80  $\mu\text{V}$ 、グリッド2の電位が-30  $\mu\text{V}$  なら脳波計には-50  $\mu\text{V}$ 、すなわち陰性の上向きの振れとして記録されます。同じ-50  $\mu\text{V}$ の振れは、極端な話グリッド1の電位が0  $\mu\text{V}$ 、グリッド2の電位が+50  $\mu\text{V}$ でも起こりえます。極性は相対的であると肝に銘じておきましょう。

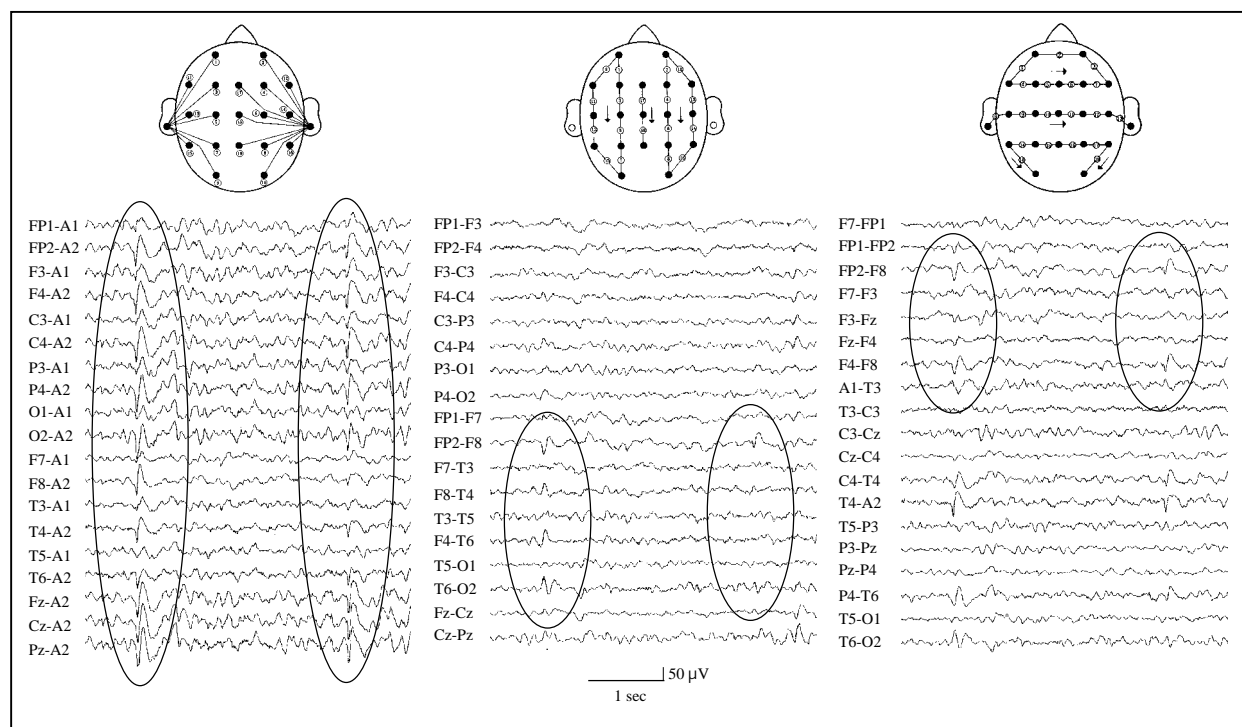


図1 耳朶の活性化

37歳女性の脳波で、臨床診断は側頭葉てんかんです。基準電極導出では右優位に陽性棘波を認めます(左欄)。しかし、双極導出ではF8で位相反転がありますので、そこに陰性棘波の焦点があることがわかります(中欄)。そこで、注意深く観察すると基準電極導出では、F8で陽性棘波の振幅が最も小さくその前に小さな陰性成分があることがわかります。したがって、右耳朶がF8の陰性棘波により活性化され、その振幅はF8とほぼ同じくらいであることがわかります。モニタージュを変えてもF8に陰性棘波があることが示されます(右欄)。

## 2) 基準電極導出(referential derivation)

耳朶を基準とするので、左右差、半球性の異常を見つけやすい特徴があります。ただし、必ずしも耳朶の電位は0ではありません(活性化!)。したがって、単極(monopolar)導出という言葉は出来る限り避け、基準電極導出とよぶ方が良いでしょう。側頭葉てんかんでは耳朶の活性化が起こりやすいので、要注意です(図1)。

## 3) 双極導出(bipolar derivation)

2つの電極間の電位差をみる(相対振幅)ので、位相反転(phase reversal)により局在性の異常を見出しやすい利点があります(図2)。ただ、注意しなければならないのは、2つの電極の電位差が小さいと、振幅が低下し、平坦に見えることです。平坦なら2つの電極が等電位ということを入れておいてください。また、双極導出では、タテ(longitudinal)とヨコ(transverse)の電極配置から電位分布を頭の中に思い描くこと-頭皮上マッピングが大事です(図3)<sup>3)</sup>。局在性の異常を見出した時は、電位分布を必ず推定する習慣をつけてください。

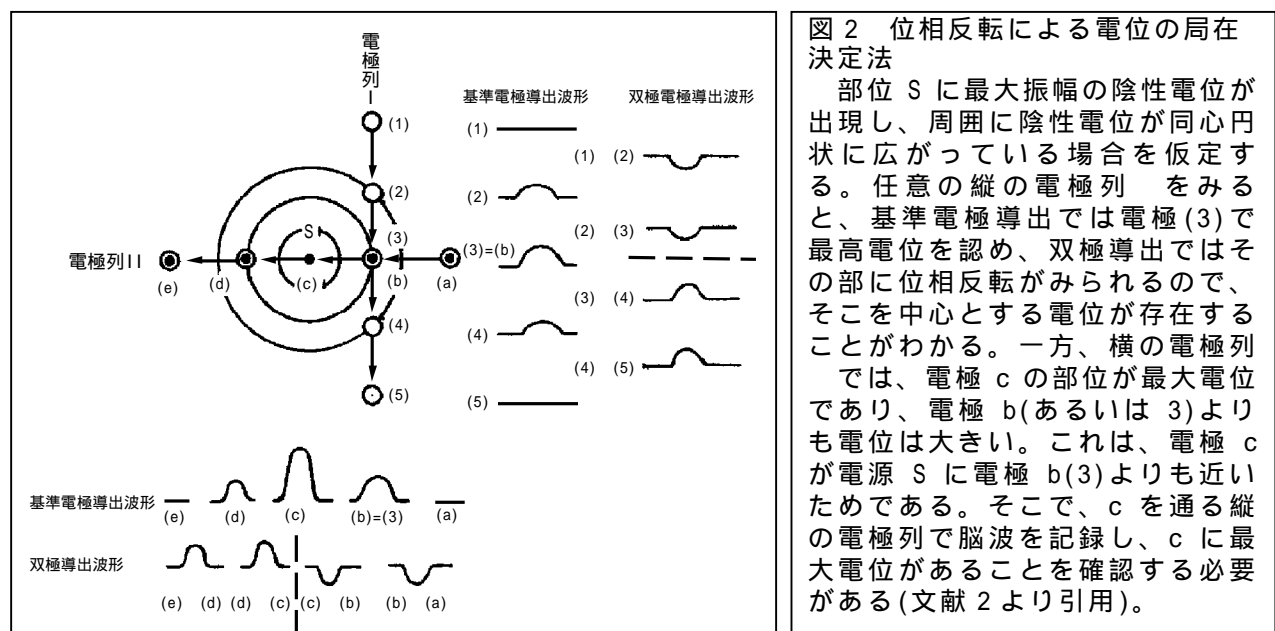


図2 位相反転による電位の局在決定法

部位 S に最大振幅の陰性電位が出現し、周囲に陰性電位が同心円状に広がっている場合を仮定する。任意の縦の電極列をみると、基準電極導出では電極(3)で最高電位を認め、双極導出ではその部に位相反転がみられるので、そこを中心とする電位が存在することがわかる。一方、横の電極列では、電極 c の部位が最大電位であり、電極 b(あるいは 3)よりも電位は大きい。これは、電極 c が電源 S に電極 b(3)よりも近いためである。そこで、c を通る縦の電極列で脳波を記録し、c に最大電位があることを確認する必要がある(文献2より引用)。

## 4) 平均電位基準(average potential reference, AV)法

全電極から導出した脳波電位の平均値を基準とするものです。どれか一つの電極に大きな入力(アーチファクト)が混入したり、ある程度広がりをもった高振幅の電位があると、全導出に影響します(活性化!)。

一つ忘れてならないのは、脳波所見は導出方法に関わらず一致するという事です。モニターが変ったら、必ず所見の再確認をしましょう(図1)。所見が一致しない、あるいはモニターを変えた時にその所見が認められない場合は、デジタル脳波計で記録していればモニターしてみましよう。

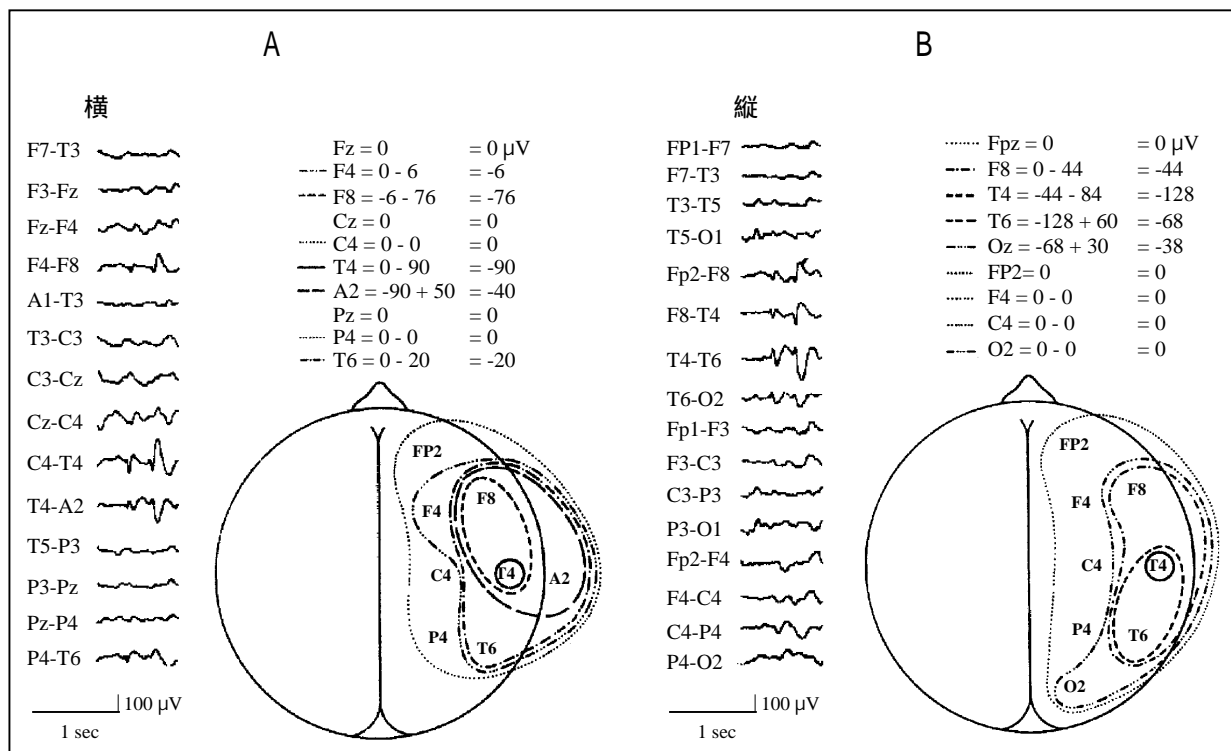


図3 鋭波の等電位マップ

横方向の双極導出で記録された鋭波(A)と同時期に縦方向の双極導出で記録されたもの(B)を示します。各脳波記録の右にあるのは各電極の電位を基に計算した等電位マップです。T4で最高電位であることがわかります(文献3より引用)。

### -5 ここに目をつけましょう

健常者においても脳波の波形は、被験者の中枢神経系の発達・成熟の程度や、意識レベル、覚醒レベル、精神活動の程度などにおける変化により鋭敏に変化します。したがって、安静覚醒閉眼状態における脳波が判定の基本となります。脳波判読は基本的に目でみた波形分析です。まず、以下の活動に注目してみましょう。

#### 1) 優位律動 (dominant rhythm)

脳波の背景活動(background activity)として注目するのは、優位律動(dominant rhythm)と、混入する徐波と速波です。優位律動とは脳波のすべての背景活動を構成する各種の周波数成分のうち、いちばん時間的に多く出現している周波数成分のことです。健常成人の安静覚醒閉眼時では、通常後頭部優位に出現するα波が優位律動となります。その周波数(Hz)、振幅(μV)、分布、左右差の有無、出現量、刺激(開閉眼)や各種賦活法による変動性を注意深く観察します。正常成人(25~65歳)では、9~11 Hzのα波が後頭部優位に出現します。開眼、光、音刺激などで抑制されます。周波数の変動は1 Hz以内で、それを超すと不規則で非律動的に見えます。この時organization(組織化)が不良といいます。何らかの脳障害により後頭部優位のα活動がなく、一般的に高振幅のβ波が出現し、記録の大半を占めていても、間違っても優位律動はα波と書いてはいけません。また、脳波記録開始の部分から徐波が多い時には、開眼や音刺激を繰り返して覚醒度を上げた状態でもα波の出現が悪く、徐波が出ることを確認する必要があります。

## 2) 背景活動 (background activity)

優位律動以外に混入する徐波と速波がないかどうかをチェックします。正常ではウトウト状態 drowsy state にならない限り、波は出現しません。ただし、加齢の影響で側頭部に が 10%程度出現することは許容範囲です。前頭部には低振幅の波が出現することがあります。

## 3) 突発波 (paroxysmal waves)

背景活動から浮き立つ波で、棘波 (spike)、鋭波 (sharp wave)、棘徐波結合 (spike and wave complexes)、徐波バースト (slow burst) などを指します (図 4)<sup>4)</sup>。棘波は持続が 20~70 msec、鋭波は 70~200 msec です<sup>1)</sup>。持続時間により定義されていますが、生理的意義はどちらも易興奮性 (irritable) の状態、すなわちてんかん原性である可能性を示唆します。

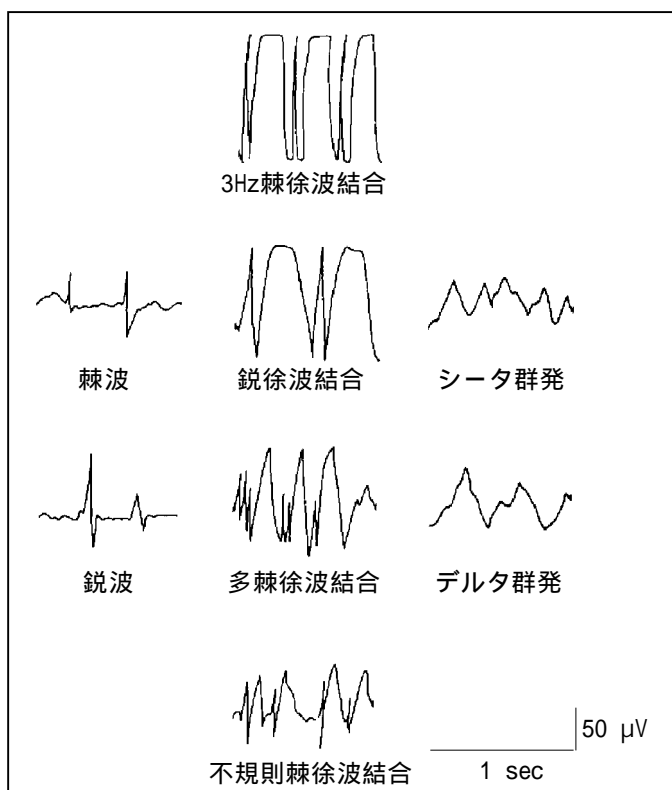


図 4 主な突発性異常波の種類  
(文献 4 より引用)。

## 4) アーチファクト

体動、眼球運動、筋電図、心電図、脈波などのアーチファクトをいかに脳波と鑑別するかは非常に重要です。見て明らかなアーチファクトもあれば脳波とまぎらわしいものまで種々様々です。簡単な見分け方として、脳波は広がりをもった電位分布 (2 個以上の電極で記録される) を示しますが、電極のアーチファクトは広がりがなく 1 個の電極で説明できます (図 5)。脳波計のチャンネルに余裕があれば、垂直・水平方向の眼球運動、心電図をモニターしておけばアーチファクトとの鑑別に便利です (図 6)。

## 5) 睡眠脳波

睡眠には浅い眠り、深い眠りといったいくつかの段階があります。睡眠に入る直前には、意識レベルは低下し、身体の動きも少なくなり全身の筋肉は弛緩します。睡眠がだんだん深くなってくると、脳波の周波数は遅くなり波が消失し、波が出現

します。このように脳波の周波数が遅くなることから徐波睡眠(ノンレム睡眠)と呼ばれています。もう一つの睡眠がレム睡眠(REM睡眠)です。REMは急速眼球運動(rapid eye movement)の頭文字を取ったものです。この睡眠のときには眼は閉じていますが、眼をきょろきょろ動かす運動、身体や頭を支える筋の緊張の消失があり、夢をみている。

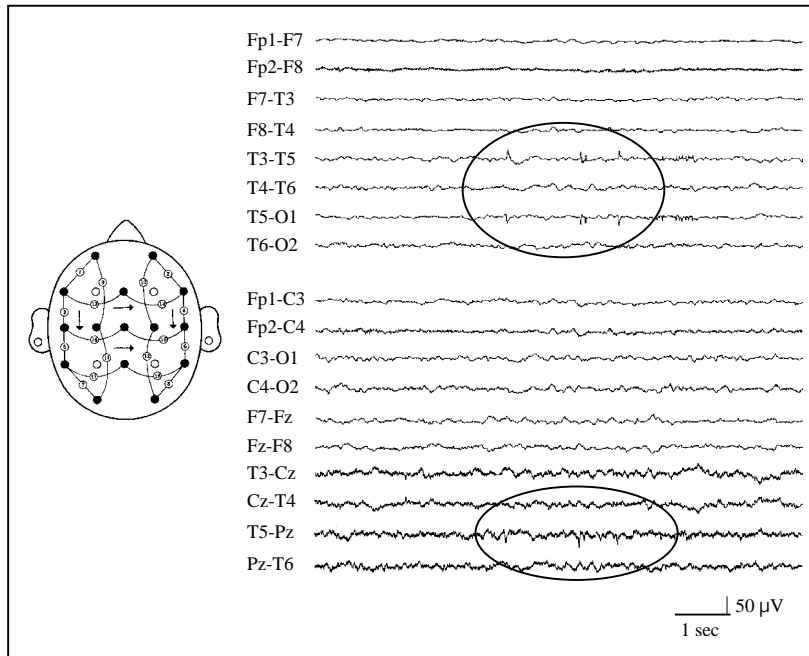


図5 アーチファクト  
T5に陽性の棘波様アーチファクトを認めます。アーチファクトとした理由は、電位がT5のみに限局しているためです。もし、棘波なら広がりがあるため、F7-T3に陰性棘波が認められるはずですが。

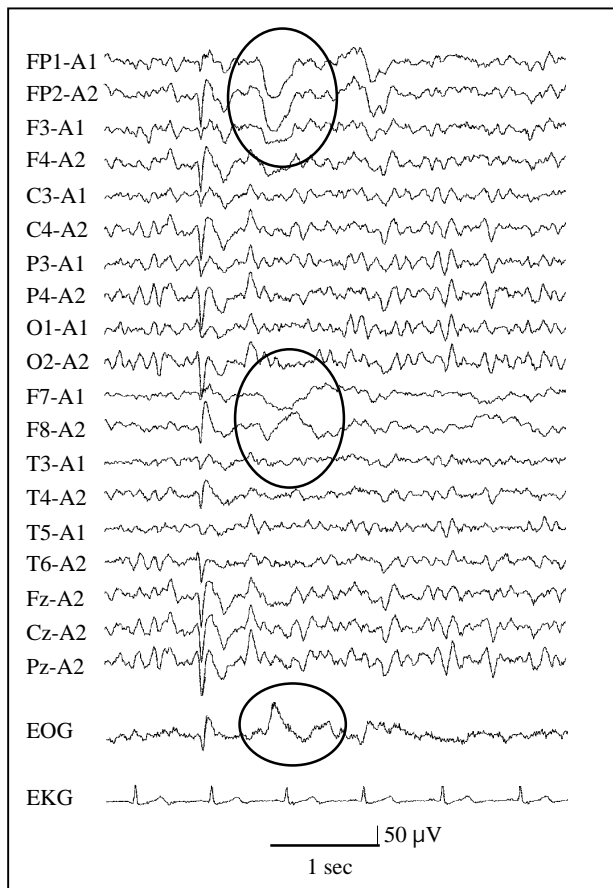


図6 眼球運動  
眼球運動(EOG)や心電図(EKG)をモニターしておくこととアーチファクトとの鑑別に有用です。網膜は静止膜電位によりマイナスに帯電しています。その結果、角膜はプラスとなり電流双極子が形成されます。九州大学病院検査部脳波室では、右下眼瞼内側と右上眼瞼外側を結び垂直・水平方向の眼球運動を記録しています。今、仮に眼球が上転すればプラスが近づくため、Fp1とFp2には下向きの陽性の振れとして眼球運動は記録されますが、下眼瞼内側の記録電極では上向きの陰性の振れとなります。つまり、Fp1、Fp2と下眼瞼の記録電極が同位相なら脳波、逆位相なら眼球運動ということになります。同様に水平方向の眼球運動はF7とF8で逆位相となります。つまり、眼球が右に動けば、F8が陽性、F7は陰性電位となります。本例(図1と同一症例)では、垂直および水平方向の眼球運動(斜め方向)があり、Fp1、Fp2とEOGは逆位相なので、上向きの眼球運動ということになります。同様にF7とF8が逆位相であり、左方向に動いたことがわかります。



脳波からノンレム睡眠の段階をみると以下のように分類されます(図7)<sup>2)</sup>。国際分類ではノンレム睡眠を4つの段階に分けています。

第1段階(入眠期): ウトウトした状態。軽い刺激で覚醒状態に戻ることができます。

波の周波数が遅くなって消失し、波が出現します。第2段階に移行する時期には頭蓋頂鋭波(vertex sharp transient)が出現します。

第2段階(軽睡眠期): 浅い眠りで寝息をたてる状態。強い刺激を与えないと覚醒しません。波と同程度の周波数であるが、振幅は増加し、ときどき紡錘波(sleep spindle)が見られます。

第3、4段階(深睡眠期): 深い眠りで完全な眠り。ゆり動かさなければ覚醒しません。高振幅波が見られます。第3段階では2Hz以下で振幅が75 $\mu$ V以上の徐波が記録の20~50%を占めます。第4段階では2Hz以下で振幅が75 $\mu$ V以上の徐波が記録の50%以上を占めます。

安静覚醒脳波では、軽睡眠期まで覚醒度が低下することはありませんが、深睡眠期になることは滅多にありません。もし、睡眠脳波がみられた時は、睡眠段階と全記録の何%くらいそういった状態にあったかを記載しておきましょう。

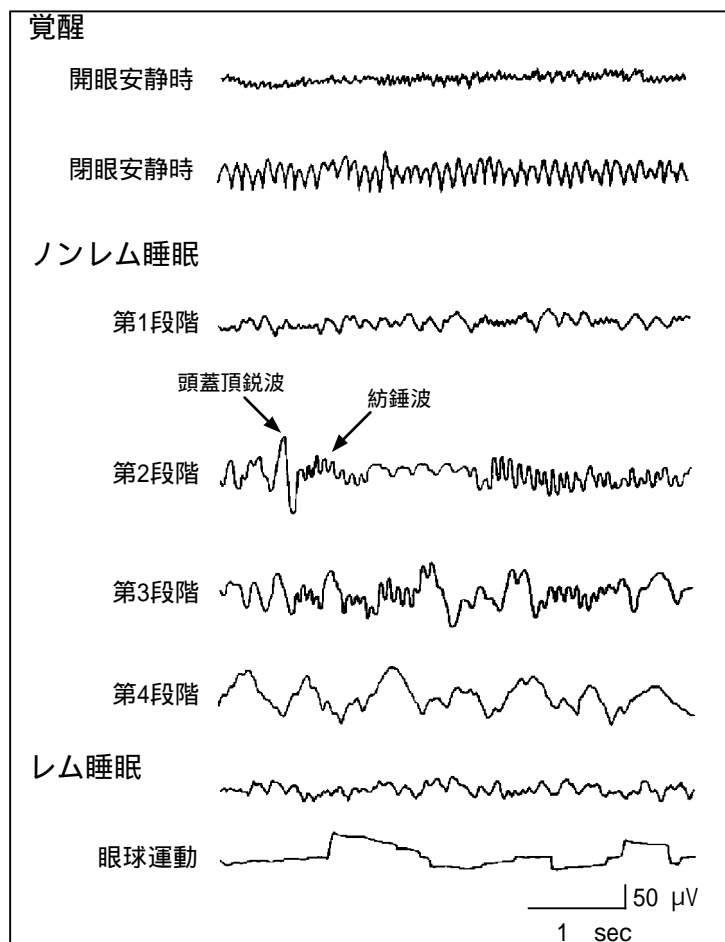


図7 脳波による睡眠段階の分類

安静開眼時は速波(波)、安静閉眼時は波が主体となります。第1段階では波の振幅が低下し、比較的低振幅で種々の周波数(2~7Hz)の波が混じります。第2段階に移行する時期には頭蓋頂鋭波が出現します。第2段階では紡錘波、第3段階では2Hz以下で振幅が75 $\mu$ V以上の徐波が記録の20~50%を占めます。第4段階では2Hz以下で振幅が75 $\mu$ V以上の徐波が記録の50%以上を占めます。(文献2より引用)。

以上、脳波でよく使われる表現、導出法の特徴、目のつけどころなどを解説しました。次章では、具体的な判読のポイントを述べます。

-6 文献

- 1) Noachtar S, Binnie C, Ebersole J, Mauguire F, Sakamoto A, Westmoreland B: A glossary of terms most commonly used by clinical electroencephalographers and proposal for the report form for the EEG findings. *Electroenceph clin Neurophysiol (suppl)*, 52: 21-41, 1999.
- 2) 大熊輝雄: 臨床脳波学, 第5版, 医学書院, 1999年.
- 3) Lesser RP, Luders H, Dinner DS, Morris H: An introduction to the basic concepts of polarity and localization. *J Clin Neurophysiol*, 2:45-61. 1985.
- 4) 廣瀬源二郎: 脳波検査. 濱口勝彦(編) 臨床検査 MOOK No. 35 神経・筋疾患の臨床検査, 1990, pp.75-85.

## -1 はじめに

この章では、1) 順序立った判読の仕方、2) 優位律動を含む背景脳波と脳波の反応性、3) てんかん突発波と疑性てんかん発作波を中心に解説します。

## -2 脳波判読は順序だってやりましょう

### 1) 較正(calibration)の確認

1 頁目に較正信号が入力されています。以下の7つの項目を必ずチェックしてください<sup>1, 2)</sup>。

(1) 紙送りスピード (paper speed): 通常は 3 cm/sec です。睡眠ポリグラフ検査の時は 1.5 cm/sec になります。

(2) 基線 (baseline): 基線の揺れがないかどうかをみます。

(3) ペンの配列 (pen alignment): ペンは等間隔に配置され、すべてのペンの配列が頭から揃っているかどうかをみます。

(4) ペン圧 (damping): ペン圧が低いとオーバーシュート(ヒゲのように跳ねる)、高いとダンピング(先が丸くなる)となります。

(5) 感度 (sensitivity): 振幅は 50  $\mu$ V/5 mm ですが、脳死の判定の時は 4 倍以上に感度を上げます。実際的には 10  $\mu$ V/5 mm にすれば問題ありません。

(6) 時定数 (time constant, TC): 低周波数フィルターです。入力信号が  $1/e$ (自然対数の底)すなわち約  $1/3$  に減衰する時間を指します。時定数が 0.3 秒の時 0.53Hz、0.1 秒の時 1.59Hz 以下の波がカットされます ( $TC = 1/2 F$  (F: 周波数))。

(7) 高周波数フィルター (60 or 30 Hz)を入れた場合は記載があります。

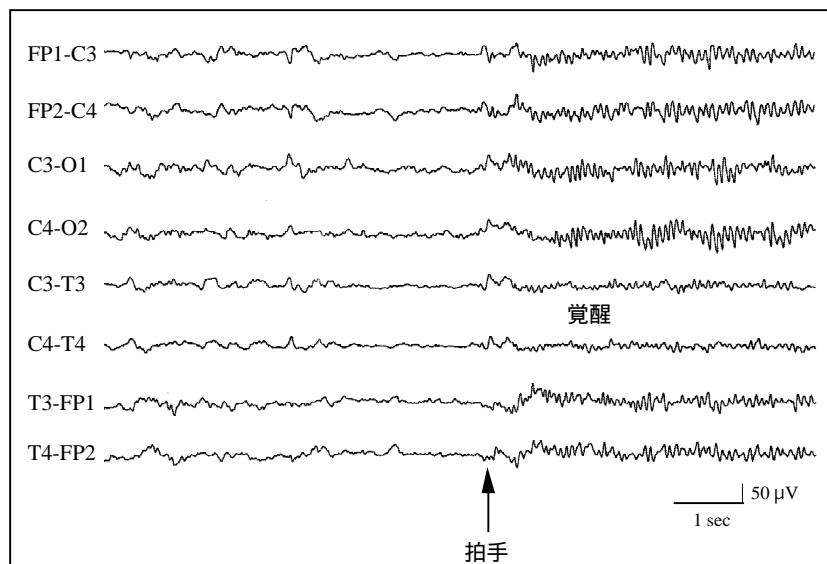


図 1 音刺激による覚醒脳波の出現  
睡眠 I 期で、拍手により覚醒反応が出現しています(文献 2)より引用)。

### 2) 優位律動の分析

(1) 基準電極導出での O1, O2 のチャンネルを中心にみます。振幅、周波数、左右差、modulation (waning & waxing)、organization をチェックします<sup>3)</sup>。この際、閉眼状態で覚醒度が高いと考えられる頁での優位律動をチェックします。1 頁目で波がみられない場合は、病的な意識障害か正常であれば drowsy になっていますので、開閉眼をさせた頁をみます。音刺激により覚醒度を上げた頁でも構いません(図 1)。

したがって、脳波を1頁目から順を追って時系列的に読み進めて行く必要はありません。優位律動は脳機能、とくに皮質の機能を表しますので、きちんと評価しなければなりません。波の周波数が遅いことは、脳機能低下を示唆します。正常人でも右後頭部の波が左よりも振幅が大きい傾向にあります。しかし、振幅の左右差が50%以上あれば、病的です。周波数の左右差もチェックして下さい(図2)。また、優位律動は数%の人で波に乏しい低振幅速波パターンを呈することがあります。

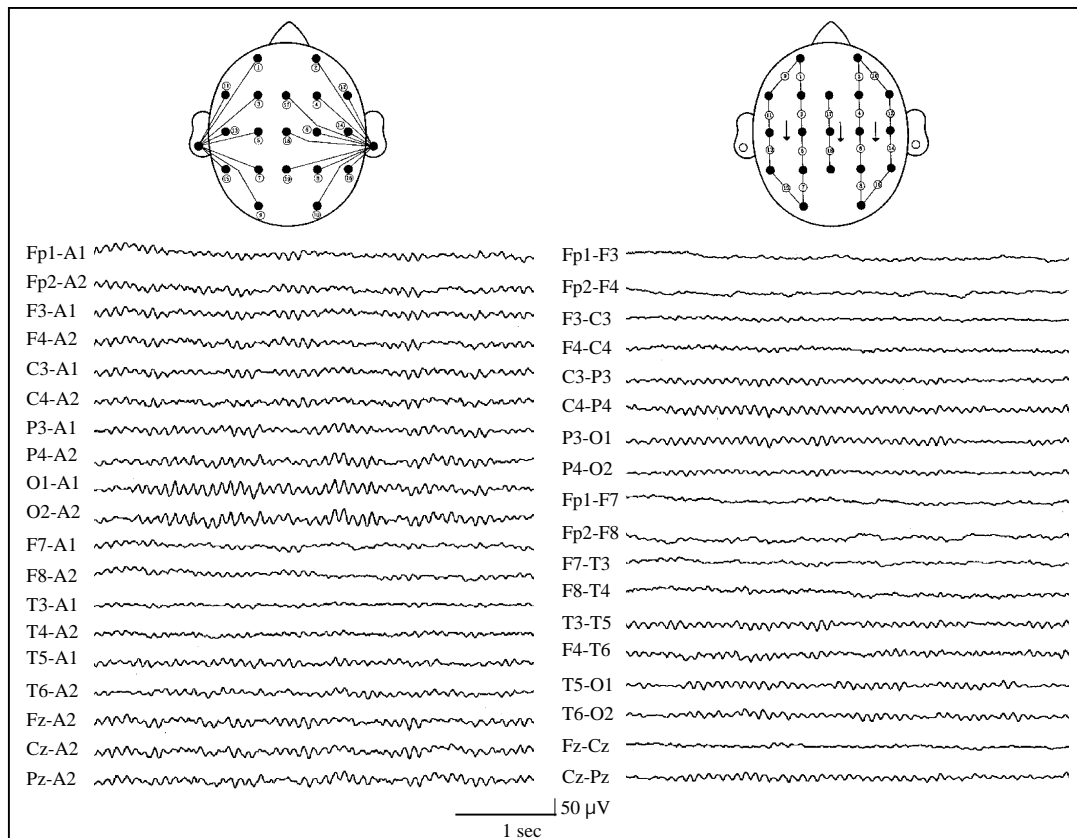
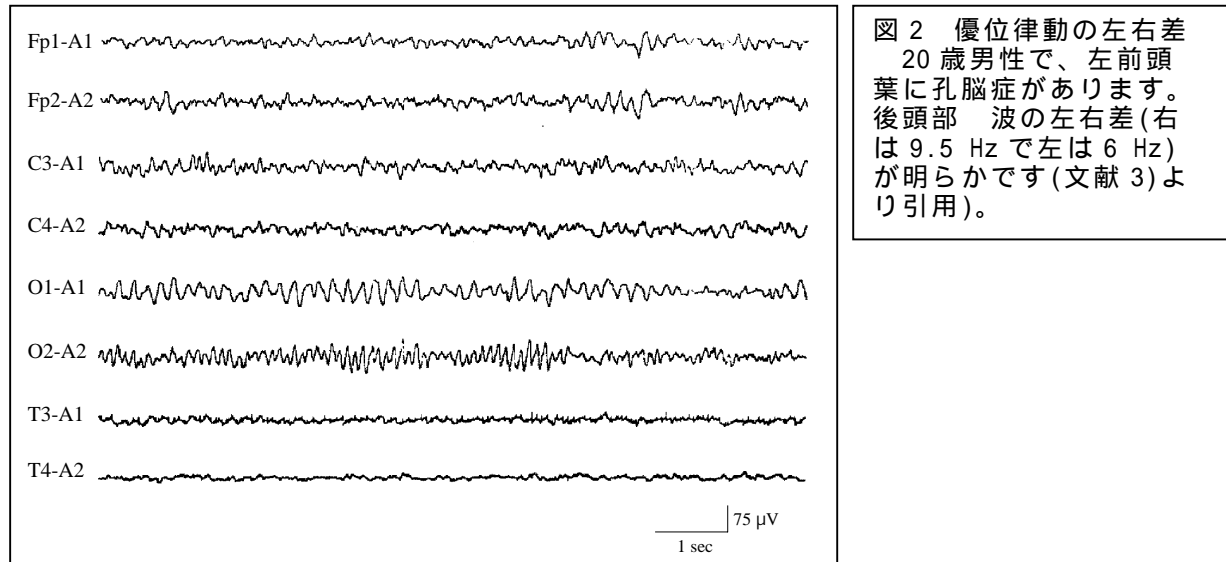


図3 優位律動の頭皮上分布  
基準電極導出では後頭部優位ながらもびまん性に出現しています(左)。しかし、双極導出では側頭部ではT5、T6、頭頂部ではP3、P4まの拡がりしかないと分かります。基準電極導出では、耳朶の活性化により波が前頭部まで拡がっているように見えますので、要注意です。

(2) 双極導出で優位律動の電位分布をみます。基準電極導出では、耳朶の活性化が起こることがあり、分布を正確に評価できません(図 3)。基準電極導出でびまん性... (diffuse.....) という表現は、双極導出で分布に拡がりがない限り、極力さけてください。... 正常人での分布は側頭部では T5、T6、頭頂部では P3、P4 までです(図 3)。T3、T4、C3、C4 まで分布が広がっていると脳機能低下が示唆されます。

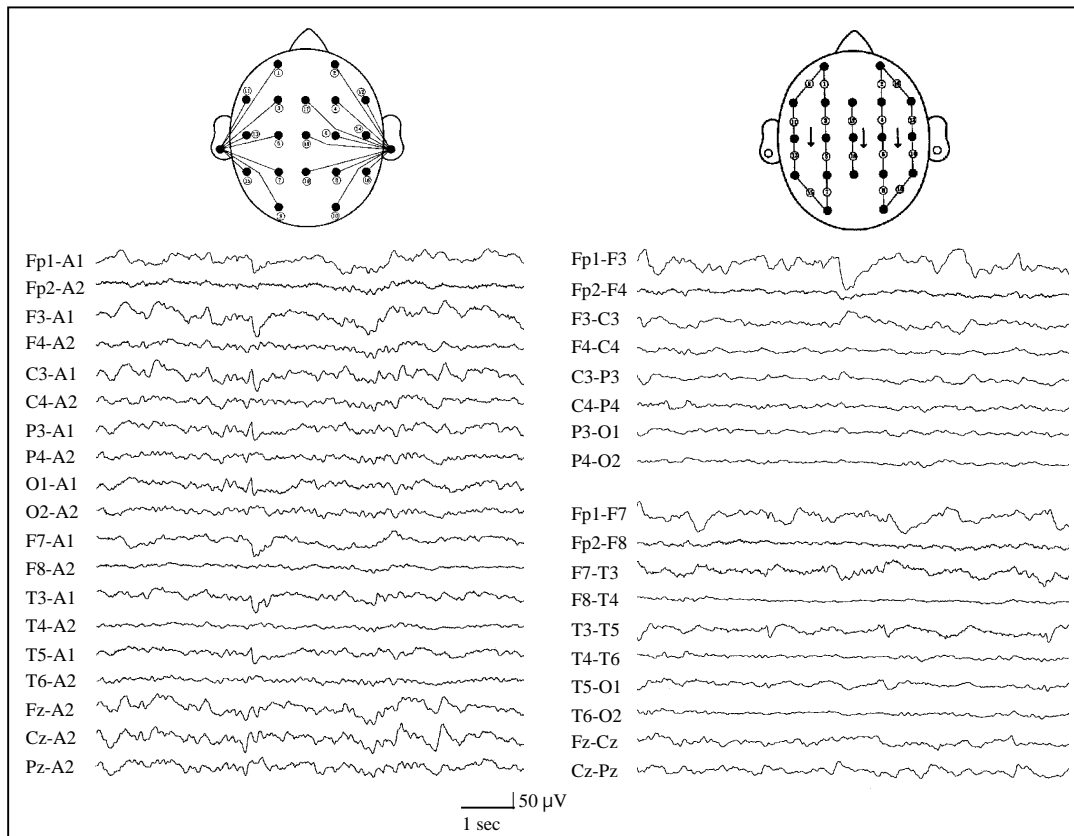


図 4 局所性徐波

64 歳男性の脳波です。左頭部外傷によるてんかんがあります。基準電極導出(左)では左前頭側頭部に高振幅の不規則活動がみられます。双極導出(右)では F3、F7 に位相反転がみられ、基準電極導出の所見と一致します。また、双極導出では鋭波が T3 に認められますが、基準電極導出では、局在性ははっきりしません。

### 3) 背景脳波の分析

優位律動以外の活動がないかをみます。徐波あるいは棘波がある時はその分布が両側性か半球性か局所性を基準電極導出で大まかにつかんだ後、双極導出でその分布を検討します(図 4)。章でも述べましたように、脳波所見は導出方法に関わらず一致するということです。... モンタージュが変わったら、必ず所見の再確認をしましょう。所見が一致しない、あるいはモンタージュを変えた時にその所見が認められない場合は、デジタル脳波計で記録していればリモンタージュしてみましょう。双極導出では、タテ(longitudinal)とヨコ(transverse)の電極配置から電位分布を頭の中に思い描いてみましょう。(...章図 3 参照)... 徐波の場合、周波数が遅くなればなるほど、また振幅が高くなればなるほど病的意義は高いと言えます。当然認められるべき波形が認められない場合と、認められないはずの波や高振幅速波などがほぼ持続的に認められる場合も異常です。もしそうした異常が限局性であるならば、その局在部位に器質的異

常が存在します。

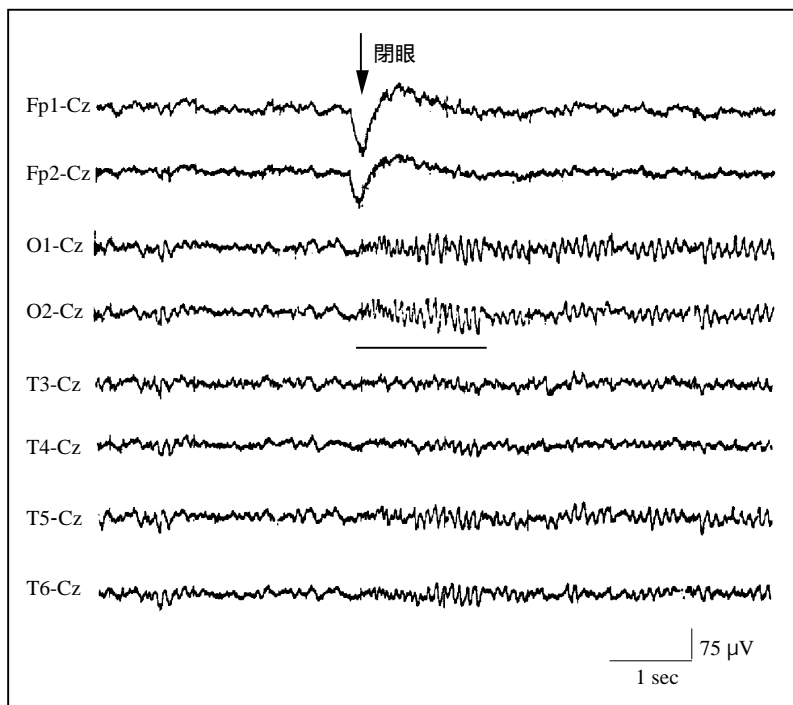


図 5 Squeak 現象  
26 歳女性の脳波で、閉眼直後に 波の周波数が元のレベルよりも早くなるが直ちに元に戻ります(文献 3)より引用)。

#### 4) 脳波の反応性

(1) 開閉眼：開眼により優位律動( 波)は抑制されます( -blocking)。これは、視床 - 皮質反響回路間の脱同期によるものです。閉眼直後は、 波の周波数が最大 2 Hz ほど速くなることがあります(squeak 現象)(図 5)<sup>3)</sup>。一側で開眼による 波の抑制が欠如する場合(Bancaud 現象)は、その半球の機能異常が示唆されます(図 6)<sup>3)</sup>。drowsy の時に、開眼させると覚醒度が上がり、逆に 波が出現します(paradoxical ) (図 1 参照)。また、徐波が出現している場合はその反応性をみてください。反応性が低いとそれだけ病的意義が高いと判断されます(図 7A)。

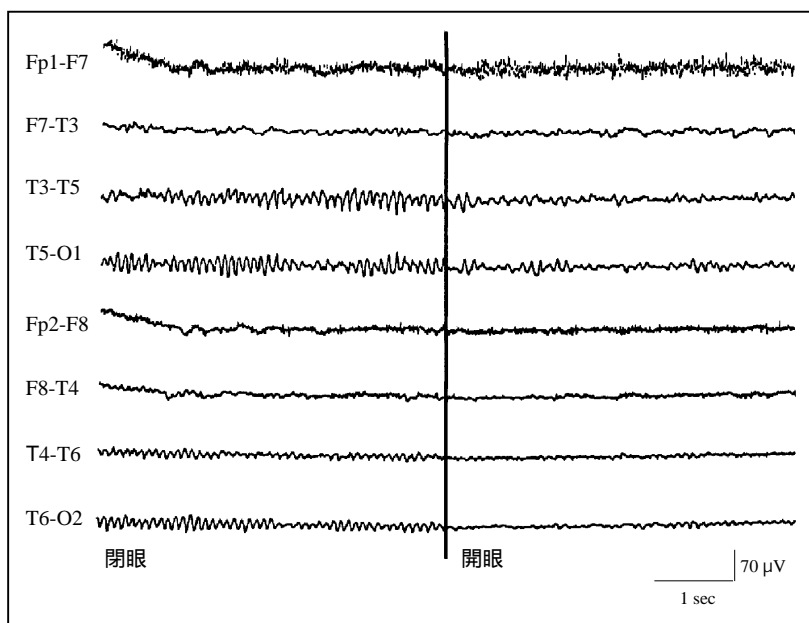


図 6 Bancaud 現象  
47 歳男性で左側頭葉に悪性神経膠腫があります。左側の 波の周波数が右に比べてやや遅く organization がよくありません。開眼に対する反応性も不良であまり抑制されません(文献 3)より引用)。

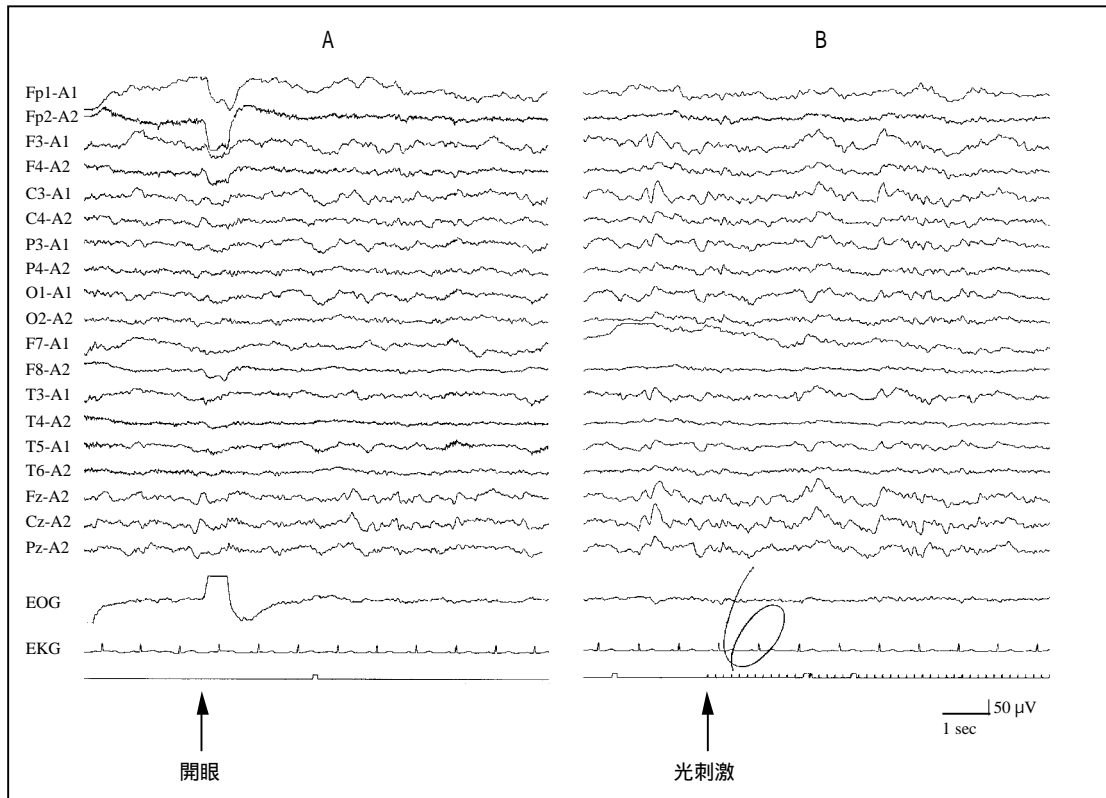


図 7 局在性徐波の反応性

図 4 と同じ症例の脳波です。開眼(A)あるいは光刺激(B)で左前側頭部にある徐波の反応性は悪く、抑制されません。

(2) 光刺激: 光駆動 (photic driving) が起こります (図 8)<sup>4)</sup>。視覚誘発反応であり、刺激頻度と同じ (第一調和成分、first harmonic response) が、その倍あるいは 3 倍

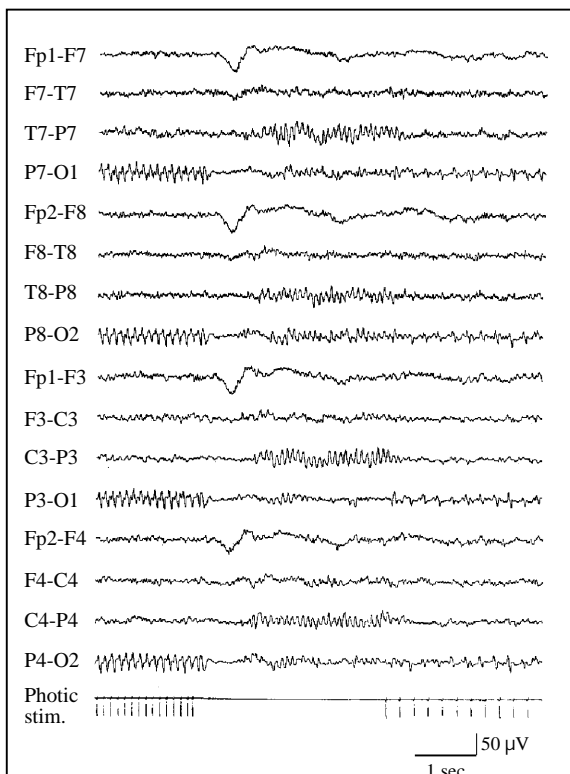


図 8 光駆動

12 歳の男児で 4 歳から欠伸発作があります。8 および 4 Hz の光刺激に同期して光駆動を認めます (文献 4) より引用)。

の反応がみられます(第二調和成分(second harmonic)、第三調和成分(third harmonic))。正常人でも抑制のみで光駆動が出現しないことはよくあります。一側で光駆動が欠如する場合は、その半球の機能異常が示唆されます。光過敏性がある場合は、光突発反応(photoparoxysmal response)が出現します(図9)。眼瞼のみが収縮する光筋原反応(photomyogenic response)は、病的意義はありません。また、徐波が出現している場合はその反応性をみてください。反応性が低いとそれだけ病的意義が高いと判断されます(図7B)。

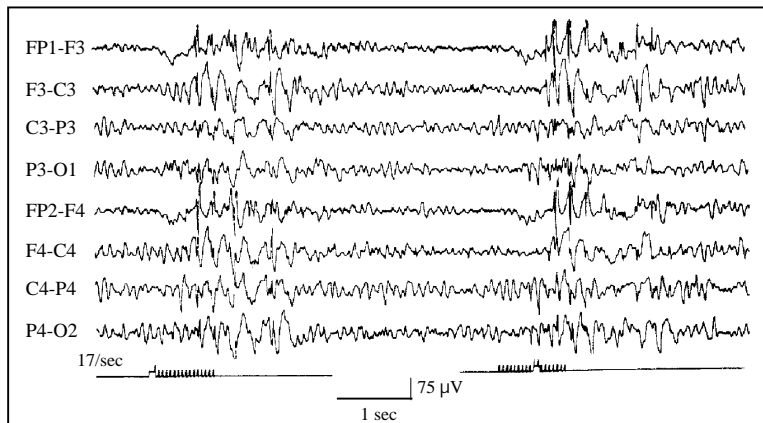


図9 光突発反応  
光駆動とは異なり、光突発反応は光刺激と必ずしも同期して出現しません。この症例は全般性強直間代発作がありますが、光感受性はありません(文献4より引用)。

(3) 過呼吸: 呼吸性アルカロシースにより脳血管が収縮し、徐波化(build up)が起こります(図10)。成人では小児に比べ build up は目立ちません。徐波化しても大体1分以内に元の背景活動に戻ります。遷延するときは、脳機能低下があると考えてよいでしょう。モヤモヤ病では、いったん背景活動が元のレベルに戻った後、再度徐波化(re-build up)が起こります。しかし、モヤモヤ病の診断がはっきりしているときは、過呼吸は禁忌です。発作波(欠神発作)や徐波の賦活などが起こります。

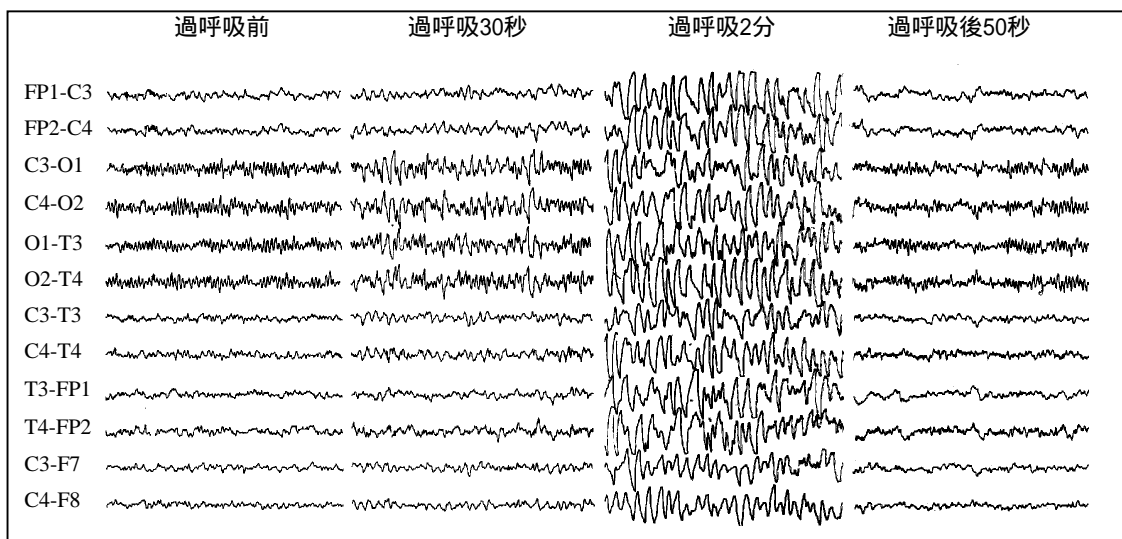


図10 過呼吸による著明な徐波化  
この例では30秒の過呼吸で後頭部の徐波化が認められ、2分後には著明な徐波化となります。過呼吸を止めて50秒経つとほぼ元のレベルに戻っています(文献2より引用)。



(4) 睡眠賦活：突発波が賦活されやすくなります。覚醒脳波で突発波が記録できない時は、睡眠脳波を取ります。通常の安静覚醒脳波では、軽睡眠期まで覚醒度が低下することはありますが、深睡眠期になることは滅多にありません。もし、睡眠脳波がみられた時は、睡眠段階と全記録の何%くらいそういった状態にあったかを記載しておきましょう。

(5) 音刺激：背景脳波の変化などをみます。覚醒度が低下している時に優位律動の出現を促す場合や徐波の反応性をみます。徐波の反応性が低いとそれだけ病的意義が高いと判断されます。

(6) 痛み刺激：意識障害、脳死の時には必ず行わなければなりません<sup>5)</sup>。重篤な意識障害では、背景活動に変化がみられません。軽い意識障害の時は paradoxical arousal response(図 11)がみられることがあります。これは、覚醒度が上がって本来なら徐波が抑制されるはずなのに、逆に増加する現象です。意識障害、とくに意識レベルの低下が軽く意識内容の変容がある時など、気をつけて見るとよく認められます。

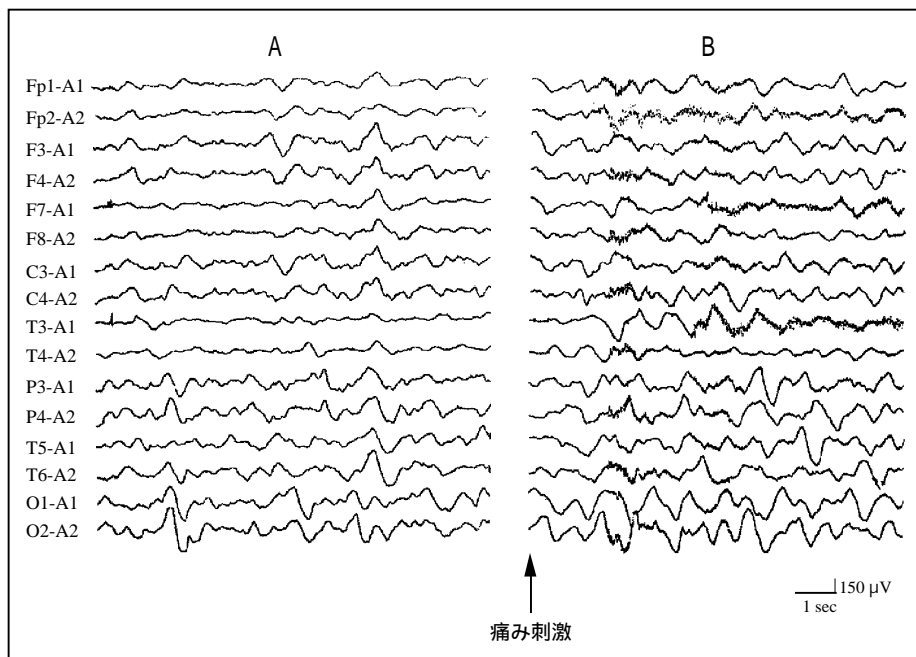


図 11 奇異性覚醒反応  
3歳男児で、ウイルス性髄膜炎です。痛み刺激で覚醒度が上がると、抑制されるはずの徐波(左)が逆に増えます(右)。この現象を奇異性覚醒反応と呼びます(文献 5)より引用)。

### -3 突発波

突発波とは、背景活動に含まれる波などとは、形、周波数、振幅などの点で区別される一過性の波形で、棘波、鋭波やそれに徐波を伴う棘徐波結合、鋭徐波結合、多棘徐波結合、徐波のバースト(burst)などいろいろなパターンがあります。こうした突発波が脳波上に認められれば、逆に臨床的に発作症状が観察される可能性が高いことがわかります。突発波は被験者が実際に臨床発作を起こしていないときにも認められます。徐波のバーストに棘波が時に重畳する場合は、slow burst with spikeとい

う表現をします。また、棘波のように見えるが、irritableかどうか判断がつかねる時は、sharp transientsという言葉を使ってもあります。この様に、脳波専門医ですら、棘波なのかそうでないのか意見が分かれることがあります。図12に棘波の特徴を示します<sup>6)</sup>。棘波は立ち上がりが立ち下がりより急峻で、背景活動から浮き立つと覚えておきましょう。陽性より陰性棘波の方が病的意義は高いと考えられています。

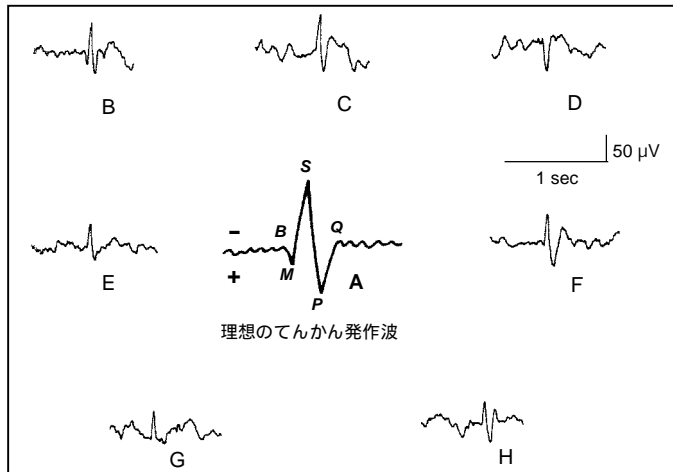


図12 棘徐波結合の波形の変動性  
Aに理想の棘徐波結合の模式図を示します。小さな初期陽性波(BMS)に続いて主陰性成分(MSP)、最後に後期陽性波(SPQ)が出現します。B~Hはある患者の5分間の脳波記録(C3-Cz)で棘波と自動的に判定された波形です。波形にはかなり変動がありますが、棘波と同定された理由は、振幅と主陰性鋭波成分の特徴に基づいています。典型的な棘波は立ち上がり(MS)の方が立ち下がり(SP)より持続が短い、すなわち急峻です(文献6)より引用)。

最近では、てんかんのモニタリングが盛んです。臨床発作がつかまった場合、発作起始部がどこなのかを見つけることは重要です。しかし、発作終了後の脳波変化も注意深く観察しておくことで、片側性が否かわかることがあります(図13)<sup>7)</sup>。

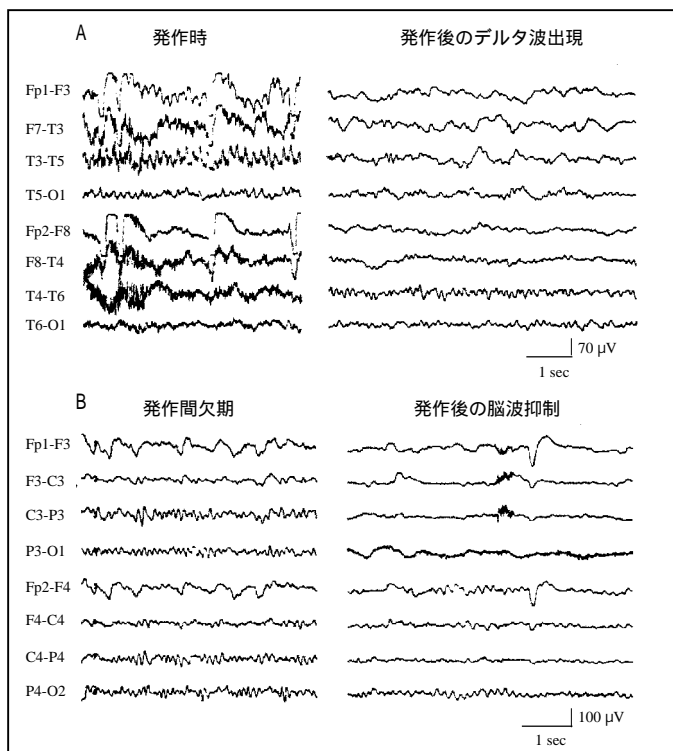


図13 てんかん発作後の脳波変化  
28歳の患者で発作時と発作終了140秒後の脳波です(A)。発作終了後、左側頭部に波を認めます。発作時脳波では5 Hzの律動性のが出現しています。T4にある徐波はアーチファクトです。26歳の患者で発作時と発作終了14秒後の脳波です(B)。発作終了後、左半球で脳波が抑制されています(文献7)より引用)。

#### -4 てんかん発作波と間違いやすい活動に気をつけましょう

偽性てんかん発作波 pseudo-epileptiform pattern としては以下の活動があります。いずれも正常人でも出現するので、病的意義はないと考えられています<sup>8, 9)</sup>。

##### 1) 小鋭棘波 (small sharp spikes, SSS)

SSS は drowsy ~ 軽睡眠時に出現します。20 ~ 50  $\mu\text{V}$  の低振幅で持続が短い単発性の小棘波で、徐波をともしません。良性なので benign epileptiform transients of sleep (BETS) とも呼ばれます (図 14)。

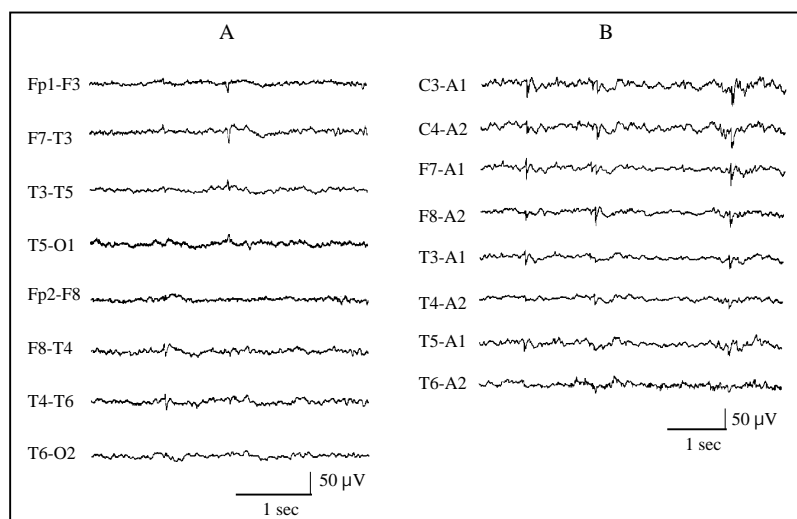


図 14 小鋭棘波  
双極導出(A)と基準電極導出(B)の脳波で両側側頭部に SSS を認めます (文献 2)より引用)。

##### 2) 14 & 6Hz 陽性棘波 (14 & 6 Hz positive spikes)

14 & 6Hz 陽性棘波は主として drowsy で出現します。3 ~ 14 歳でよく見られます (図 15)。

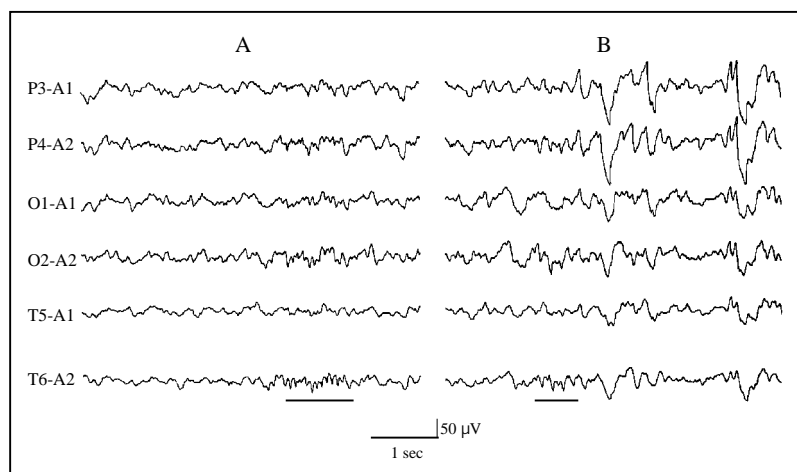


図 15 14 & 6 Hz 陽性棘波  
8 歳、男児の脳波です。睡眠 I 期(A)では 14 Hz 陽性棘波が右後側頭部に、睡眠 II 期(B)では 6 Hz 陽性棘波が同じ部位にみられます (文献 2)より引用)。

##### 3) 6Hz 棘徐波結合 (6 Hz spike and wave)

6Hz 棘徐波結合は覚醒時 ~ drowsy で出現します。棘波の振幅が徐波に比べて目立たないので phantom spike and wave と呼ばれます (図 16)。

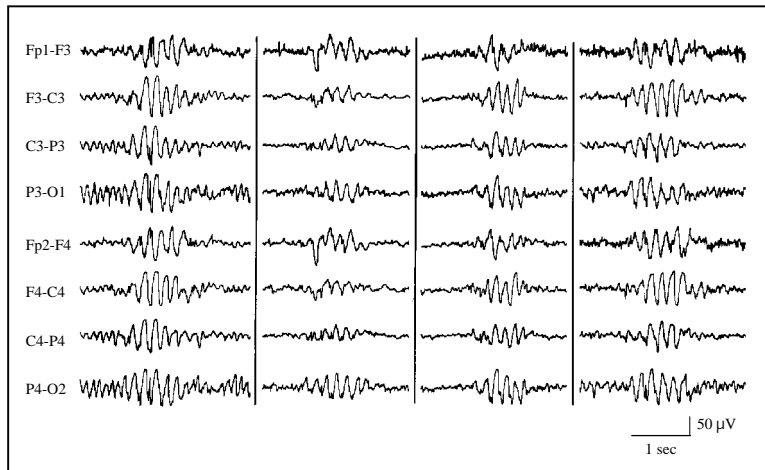


図 16 6Hz 棘徐波結合  
39 歳、女性で、頭痛が  
主訴です。6Hz 棘徐波結合  
の種々のサンプルを示し  
ます(文献 2)より引用)。

#### 4) 律動性中側頭部放電 rhythmic mid-temporal discharges

精神運動発作異型 (psychomotor variant) とも呼ばれます。drowsy でよく出現し、中側頭部中心に律動的 が群発します(図 17)。

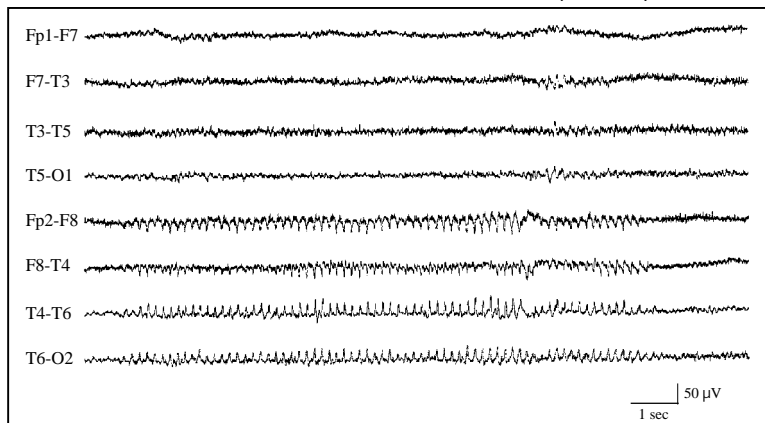


図 17 律動性中側頭部放電  
38 歳、女性で、浮動感  
が主訴です。右側頭部  
(T4) 優位にノッチのある  
律動的 波が drowsy で  
出現しています(文献 8)

#### 5) ブリーチリズム breach rhythm

Breach は裂け目の意味で、頭部外傷や脳手術による頭蓋骨欠損部あるいはその付近から 6~11Hz のミュー波様の波形の活動が出現し、多くは速波成分を伴います(図 18)。

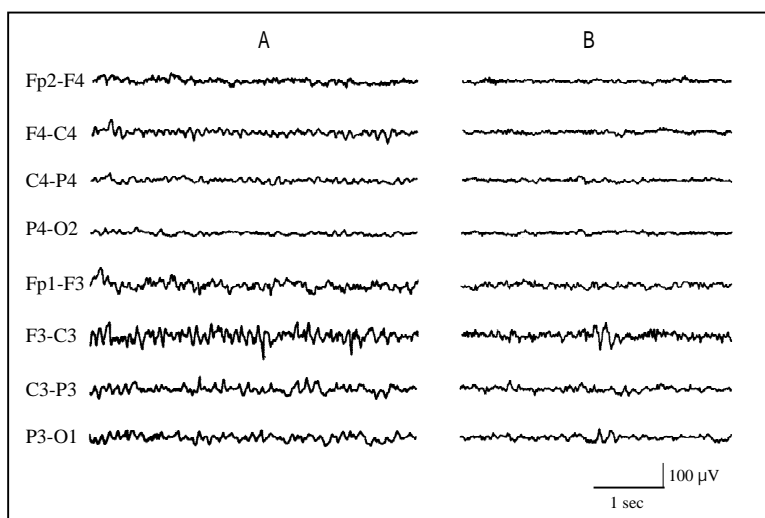


図 18 ブリーチリズム  
左前頭・側頭部の開頭  
術後の患者の脳波です。  
左側優位に高振幅の 波  
(B) とミュー波様のリズ  
ム(A) を認めます(文献 9)  
より引用)。

6) 成人潜在性律動性脳波発射 subclinical rhythmic electrographic (theta) discharges of adults (SREDA)

SREDA は単発の高振幅・単相性の鋭波あるいは徐波で始まります。1～数秒後に鋭波の出現頻度が早くなり、次第に周波数を増し、4～7Hz の持続的・律動的正弦波様パターンになります。10 秒～5 分（平均 40～80 秒）続き、突然終了します。2000 人に 1 人の割合で見られます(図 19)。

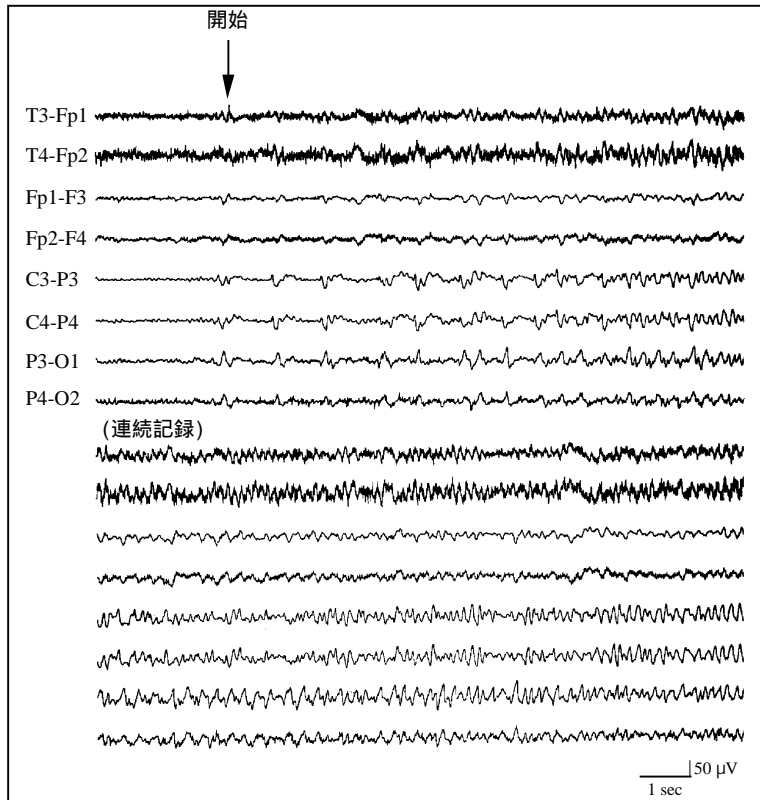


図 19 成人潜在性律動性脳波発射

65 歳、女性で脳下垂体腫瘍摘出を受けています。SREDA は単発の高振幅・単相性の鋭波あるいは徐波で、次第に周波数を増し、4～7Hz の持続的・律動的正弦波様パターンになり、突然終了します(文献 8)より引用)。

7) ウィケット棘波 wicket spikes

Drowsy～軽睡眠期に側頭部に出現するミュー波に似たアーチ状の波です。50 歳以降でよく見られます。単発で出現した場合には、棘波と見誤ることがあります。徐波を伴わないことが鑑別の助けとなります(図 20)。

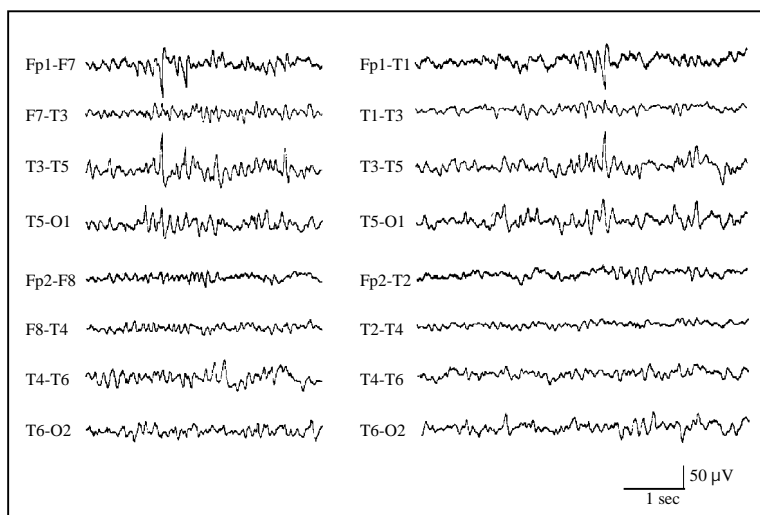


図 20 ウィケット棘波

69 歳、男性でパーキンソン病の診断です。ウィケット棘波は drowsy～軽睡眠期に側頭部に出現するミュー波に似たアーチ状の波です(文献 8)より引用)。

-5 文献

- 1) 柴崎 浩: 脳波の合理的な判読法. 臨床脳波, 16: 304-313, 1974.
- 2) Current practice of clinical electroencephalography. Klass DW, Daly D (eds), Raven Press, New York, 1979.
- 3) Markand ON: Alpha rhythms. J Clin Neurophysiol, 7:163-189, 1990.
- 4) The treatment of epilepsy. Principles and practice. Wyllie E (ed.), 3rd ed, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2001.
- 5) Markand ON: Electroencephalography in diffuse encephalopathies. J Clin Neurophysiol, 1: 357-407, 1984.
- 6) Frost JD Jr. Automatic recognition and characterization of epileptiform discharges in the human EEG. J Clin Neurophysiol, 2:231-249, 1985.
- 7) Kaibara M, Blume WT. The postictal electroencephalogram. Electroenceph clin Neurophysiol, 70:99-104, 1988.
- 8) Westmoreland BF, Klass DW. Unusual EEG patterns. J Clin Neurophysiol, 7: 209-228, 1990.
- 9) Kozelka JW, Pedley TA: Beta and mu rhythms. J Clin Neurophysiol, 7:191-207, 1990.

## -1 はじめに

今までの2章では、成人の脳波の判読手順や注意事項について述べました。この最終章では小児の脳波判読のコツならびに脳波所見と臨床との関連性について解説します。

## -2 小児の脳波

### 1) 年齢依存性

表1に年齢別正常脳波所見をまとめています<sup>1)</sup>。健常小児の覚醒・睡眠脳波所見をしっかりと頭に入れておきましょう。基本的な脳波の読み方は成人に準じますが、背景脳波では優位律動とその他の活動、各種賦活に対する脳波の反応性、突発波の有無、睡眠段階の確認などです。小児では成人に比べ検査に協力が得られず、薬物による睡眠脳波を判読せざるをえないことがあります。なるべく覚醒時から自然睡眠に至る連続記録を行うよう努力してください。

表1 年齢別正常脳波判定基準

覚醒脳波	
3ヶ月	後頭部に律動性 波が出始める
1~1.5才	周波数出現
5~6才	波と 波の量がほぼ等しくなる
8才	8~9 Hz 波が優位
12才	前頭・側頭部にはかなりの 波があってもよい
15~25才	中および後側頭部に 律動があってもよい 波と 波 Posterior slow waves of youth variant
25~65才	時に側頭部に 波
65才~	成人(本文参照) Organization 軽度不良 slow 側頭部に低振幅 波(特に左)
睡眠脳波	
3ヶ月	Spindle 出現
5~6ヶ月	Vertex sharp waves 出現 軽眠期に中心部に低振幅速波 Hypnagogic hypersynchrony 出現
2才	Spindle 両側同期性となる
3才	Vertex sharp waves 最も顕著
8才	中振幅非律動性徐波
11才	Hypnagogic hypersynchrony 消失

### 2) 覚醒脳波

異常と間違いやすい生理的リズムに気をつけなければなりません<sup>2-6)</sup>。

#### (1) 若年性後頭部徐波 (posterior slow waves of youth)

若年者では、後頭部に 波に混じって2~3 Hzの徐波がみられます。2歳以下あるいは21歳以上ではまれで、8~14歳で最もよく見られます。 波と徐波が重なることにより、棘徐波結合のように見えます。見分け方の一つは、優位律動と同じ反応性を示すことです。開眼により抑制され、drowsyになると消失します(図1)。

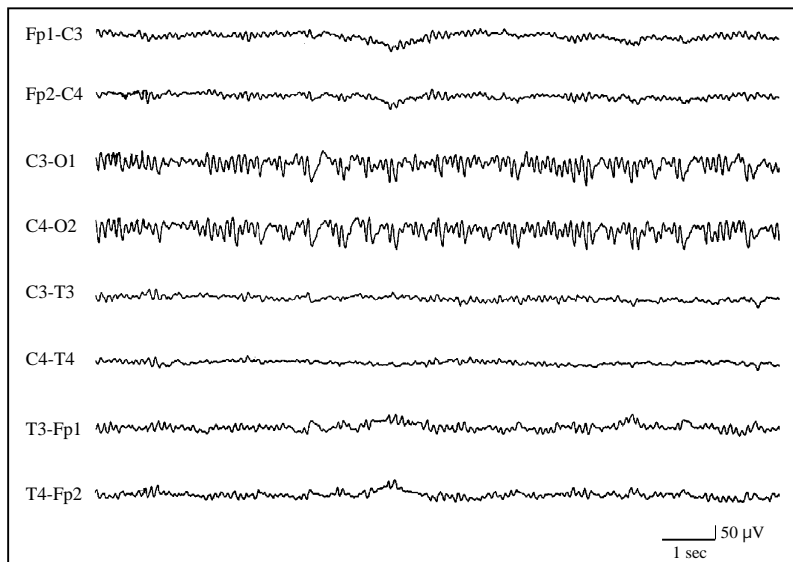


図1 若年性後頭部徐波  
18歳女性で特に異常所見はありません。電極間距離が長い中心-後頭部導出でこのタイプの徐波がより強調されます(文献2)より引用)。

## (2) ミューリズム (Mu rhythm)

中心部(C3, C4)に出現する7~11Hzの波に似たアーチ状の波です。4歳以下ではまれですが、8~16歳では成人でみられる頻度(18%)になります。非対称に出現し、尖ってみえることがあります。波とは異なり、開眼で抑制されません。しかし、反対側の手を握らせると消失しますので、技師さんの技量が問われます(図2)。

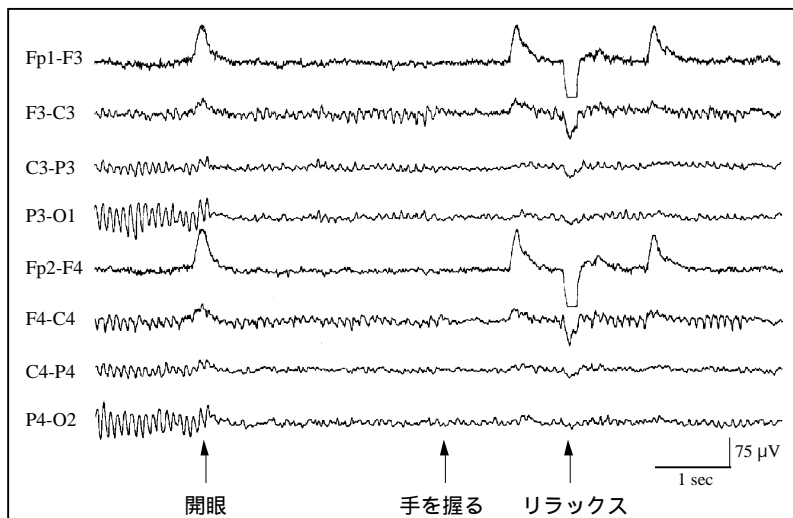


図2 ミューリズム  
15歳健常若年者の脳波です。開眼で後頭部の波は抑制されますが、中心部(C3, C4)に出現するミュー波は抑制されません。しかし、手を握らせると消失します(文献3)より引用)。

## (3) ラムダ波 (lambda waves)

小児では開眼時や視覚パターンを見つめたりしていると、両側後頭部に尖った波が出現します(図3)、これをラムダ波とよびます。衝動性眼球運動に関連した波であると考えられています。

## 3) 脳波の反応性

### (1) 光刺激

小児の数%に光感受性がみられ、光突発反応(photoparoxysmal response)が出現します( 章、図9)。



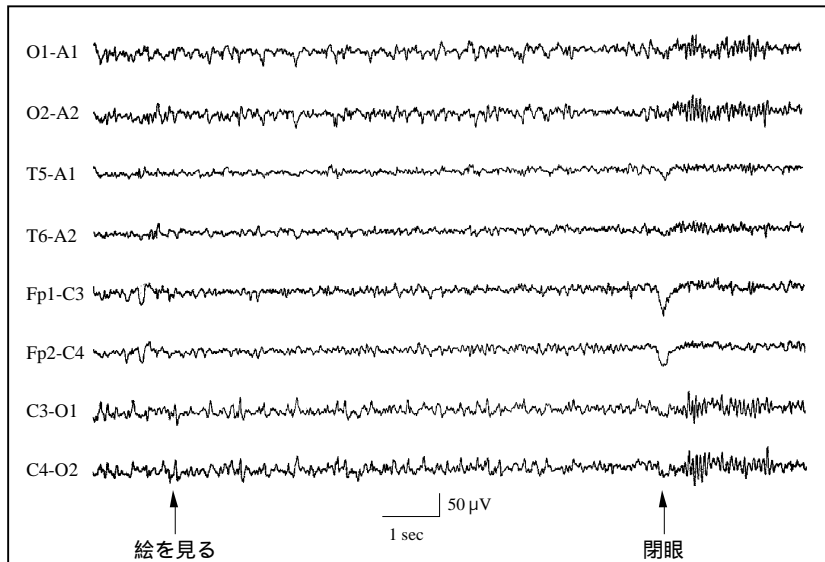


図3 ラムダ波  
12歳健常女児の脳波です。開眼時に絵を見つめたりすると、両側後頭部に鋭波が出現します(文献2)より引用)。

## (2) 過呼吸

成人に比べ小児では徐波化(build up)が目立ちます( 章、図10)。徐波化しても大体1分以内に元の背景活動に戻ります。モヤモヤ病では、いったん背景活動が元のレベルに戻った後、再度徐波化(re-buildup)が起こります。しかし、モヤモヤ病の診断がはっきりしているときは、過呼吸は禁忌です。発作波(欠神発作)の賦活も起こります(図4)。

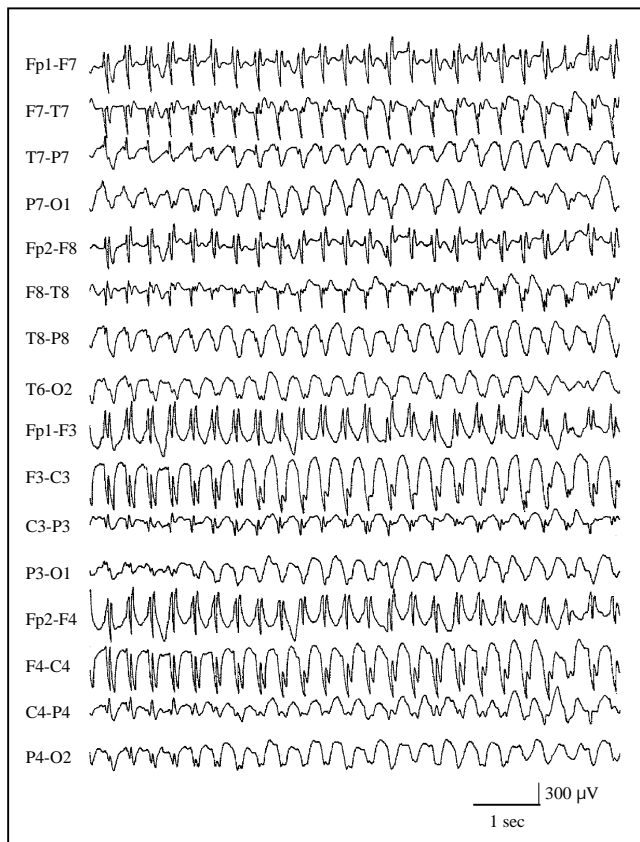


図4 3Hz 棘徐波結合  
8歳女児で、最近欠伸発作が出現しています。過呼吸中に全般性に3Hz 棘徐波結合過出現し25秒間持続しました。その間、一点を凝視し、反応しなくなりました(文献5)より引用)

#### 4) 睡眠脳波

小児では覚醒～睡眠に至る変化が急で、予測不可能なことがあります。睡眠時に、異常と間違いやすい生理的リズムが出現しますので、覚醒度の変化に気をつけて脳波を読む必要があります<sup>1, 4)</sup>。

##### (1) 入眠時過同期 (Hypnagogic hypersynchrony)

Drowsy stateで4ヶ月頃から11歳頃まで中心頭頂部優位に全般性に3、4～6Hzの高振幅徐波が律動的に出現します。時に棘波を混じることがあり、てんかん性の異常波と見誤ることがあるので、要注意です。よく見られるのは4～9歳の年齢です(図5)。

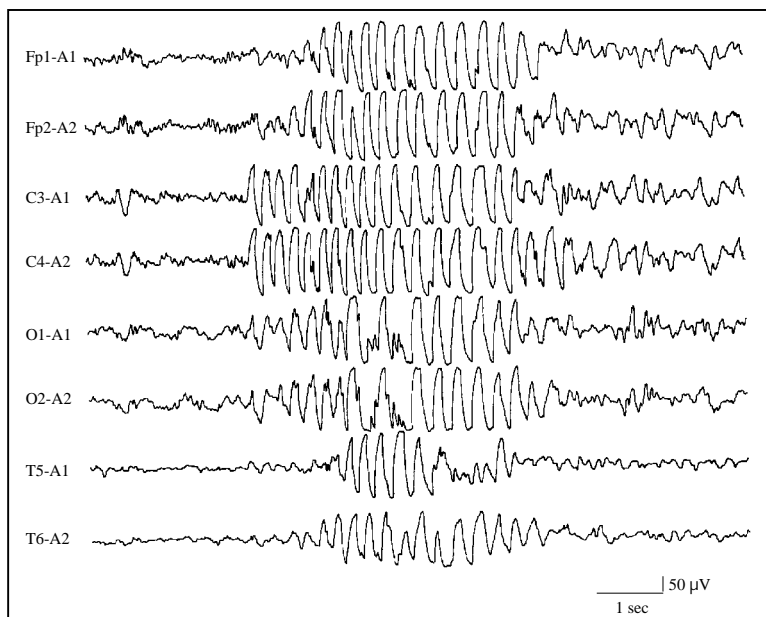


図5 入眠時過同期  
14歳健常女児で、10歳時にdrowsyの時に突発性に徐波のバーストが出現し、その後経過観察中です。この年齢での入眠時過同期はまれです(文献2)より引用。

##### (2) 頭蓋頂鋭波(vertex sharp transients)

睡眠Ⅰ期に出現します。頭蓋頂を中心に高振幅の鋭波が出現します。特に2～4歳では高振幅で連続的に出現することがあり、突発波との鑑別が大事です(図6)。

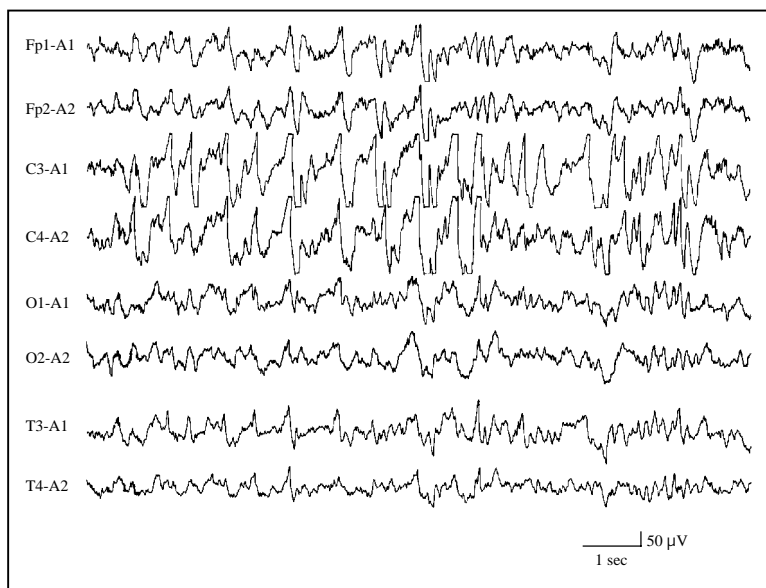


図6 頭蓋頂鋭波  
11歳健常男児の脳波です。頭蓋頂鋭波が反復性に出現し、一部鋭波様に見えます(文献2)より引用。

### (3) 紡錘波(spindle)

睡眠 期に出現します。12～14 Hz の紡錘波は前頭・中心部優位ですが、精神遅滞、脳性麻痺などでは、広汎かつ持続的に出現することがあり、extreme spindle とよばれています。

### (4) 後頭部陽性鋭一過波 (positive occipital sharp transients of sleep, POSTS)

POSTS は 4～5Hz の陽性鋭波で睡眠時後頭部に出現し、時に非対称性です。15～35 歳でよく認められます。双極導出法では、O1、O2 の陽性電位がみかけ上陰性電位となって見えるので、棘波・鋭波と見誤ることがあります(図 7)。

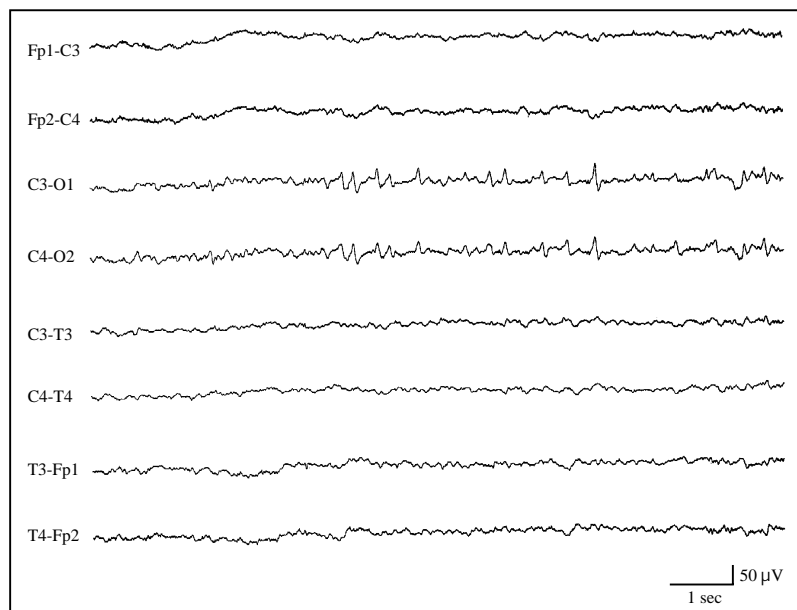


図 7 後頭部陽性鋭一過波  
17 歳健常女児の脳波  
で、drowsy の時に POSTS  
が出現しています(文献 2)  
より引用)。

### (5) 出眠時過同期 (postarousal hypersynchrony)

幼小児では、睡眠から覚醒する時に成人とは異なった反応を示すことがあります。乳児期では 2～4 Hz の広汎性高振幅徐波が律動的、持続的に出現します。5～6 歳になると振幅が低下し、4～8 Hz の律動性徐波となります。

## 5) 突発波

入眠期、睡眠 期では覚醒時や REM 期に比べて突発波が出現しやすくなります<sup>4)</sup>。異常所見を見つけることも大事ですが、その臨床的意義をよく考える必要があります。

### (1) 局在性棘波の意義

局在性棘波の頻度ですが、40%は側頭部、29%は後頭部、23%は中心部、8%は前頭部で見られます<sup>4)</sup>。多焦点性棘波は 3 Hz 棘徐波結合よりも頻度が高いようです。けいれん発作をもつ 5～11 歳の小児では 35%に棘波を認めます。側頭部に棘波がある症例の 90%に、前頭部に棘波がある 75%に臨床的発作を認めます。一方、中心部や後頭部の棘波をもつ症例では、臨床発作の頻度は 54%以下になります。多焦点性棘波をもつ症例の 75%に臨床発作が起こります。しかし、棘波の出現量とけいれん発作の頻度には相関はありません。

## (2) 全般性棘徐波結合

持続が 1.5 秒以下の短い全般性棘徐波結合 (generalized abortive spike-and-wave activity) は 2~10 歳でよくみられ、16 歳以下ではまれです<sup>4)</sup>。2/3 の症例で、強直間代けいれん発作やミオクローヌステんかんが起こりますが、残りは無症状です。

## (3) 小児良性ローランドてんかん benign epilepsy of childhood with centrotemporal spikes (BECTS)

BECTS は中心側頭部に棘波を認める良性の部分てんかんです。Rolandic discharges (RD) ともよばれます。睡眠期に出現し、片側性のことが多いので気をつけましょう。また、熱性けいれんや頭痛などでもみられることがあります。RD が出たからといって、安易にてんかん性疾患として治療してはいけません (図 8)。

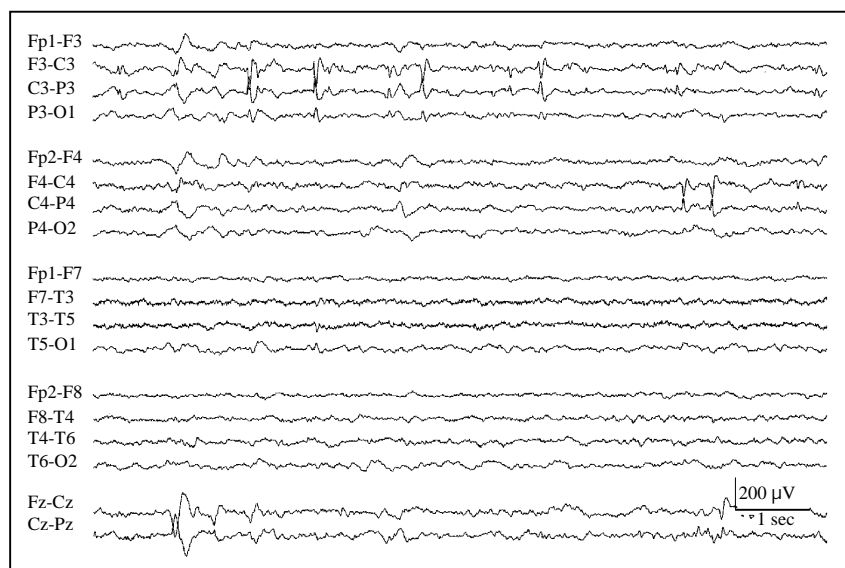


図 8 小児良性ローランドてんかん  
5 歳男児の脳波です。  
C3、C4 に独立した棘波を認め、側頭部に波及しています (文献 6) より引用)。

## -3 かなり特異的な異常脳波所見は覚えておきましょう

### 1) 薬物速波

ベンゾジアゼピン系、バルビツール系薬剤の服用により、生理的にみられる波より振幅が高い波が前頭中心部優位に出現します (図 9)<sup>3)</sup>。

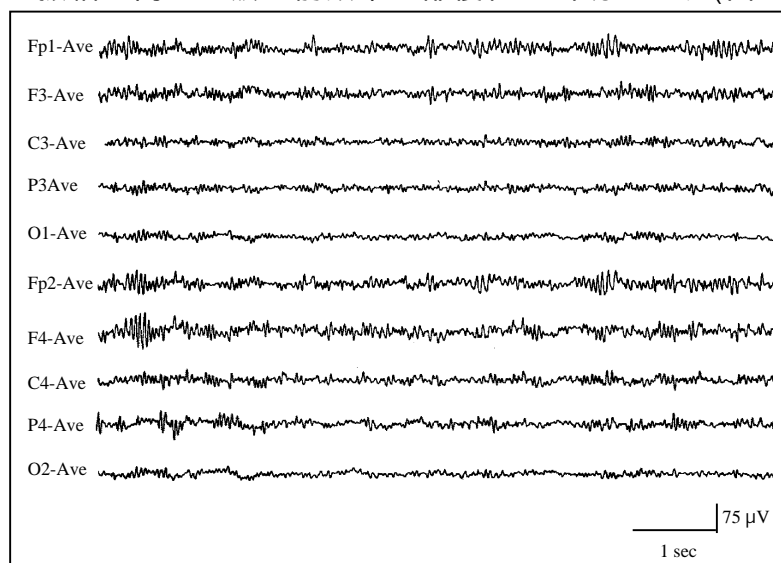


図 9 薬物速波  
ペントバルビタールによる薬物速波です。びまん性ですが、前頭部優位に波が増強しています (文献 3) より引用)。

## 2) 前頭部間欠性律動性デルタ活動(frontal intermittent rhythmic delta activity, FIRDA)

FIRDAは前頭部優位に間欠的に両側同期性に出現する律動性です(図10)。間脳・脳幹部などの深部病変を示唆する所見と考えられていましたが、むしろ、代謝性、中毒性、炎症性などの原因による軽度～中等度の脳症に見られることが多いことがわかってきました<sup>7)</sup>。また、アルツハイマー病などの広範な皮質機能低下時にも出現します。後述のPPDAとは異なり、刺激に対して反応性があります。小児～若年成人ではOIRDA (Occipital intermittent rhythmic delta activity)として認められます。

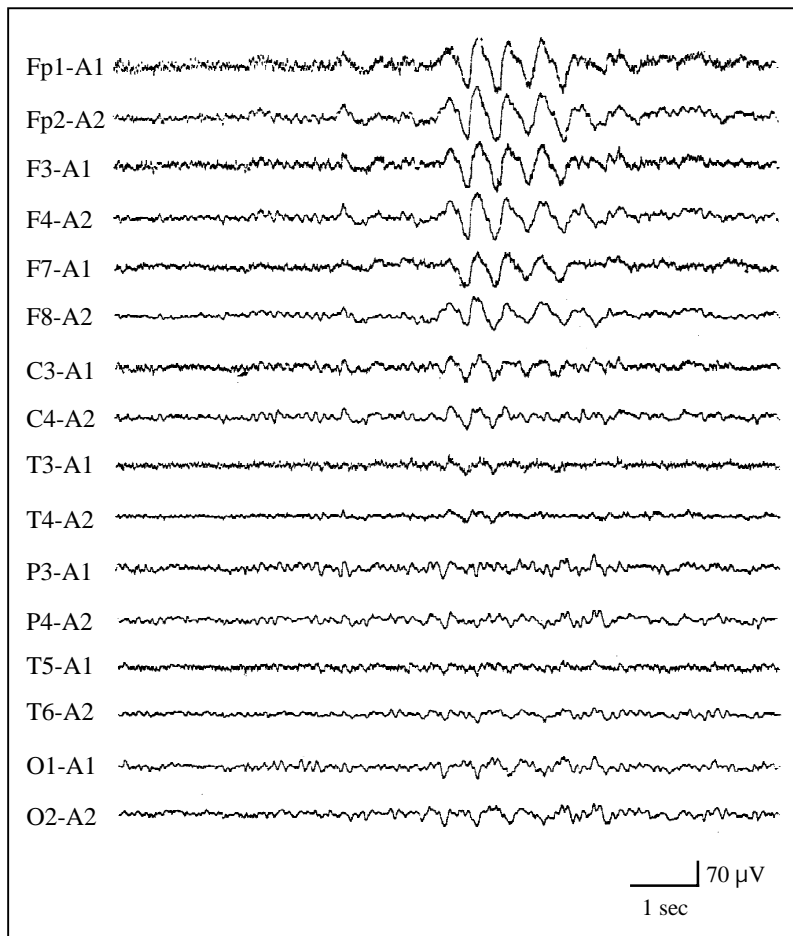


図10 前頭部間欠性律動性デルタ活動

82歳男性で、3日間の意識障害とせん妄状態の病歴があります。一過性の代謝性脳症の回復期にFIRDAを認めています(文献7)より引用)。

## 3) 持続性多形性デルタ活動 (persistent polymorphous delta activity, PPDA)

PPDAは限局性に持続的に出現する不規則な高振幅徐波であり、限局性の病変、すなわち皮質に近い白質病巣を示唆します( 章、図4、7を参照)。FIRDAとは異なり刺激に対して反応性に乏しいのが特徴です<sup>7)</sup>。

## 4) 周期性一側性てんかん波発射(periodic lateralized epileptiform discharges, PLEDs)

PLEDsは一側性に同期的に出現する高振幅複合波です(図11)。ヘルペス脳炎に特異的と言われますが、重篤な急性脳血管障害でもみられます<sup>8)</sup>。

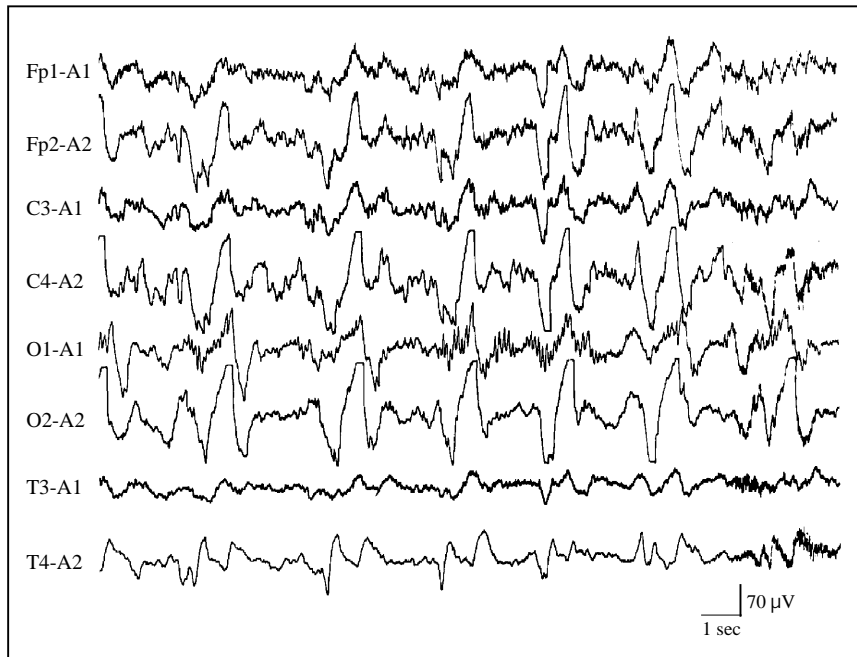


図 11 周期性一側性てんかん波発射  
14 歳男児で生検によりヘルペス脳炎の診断が確定しています。右側頭部中心に 2~2.5 秒周期で高振幅鋭波が出現しています。右側では波が欠如していることも注目すべき所見です(文献 7)より引用)。

5) 周期性同期性放電 (periodic synchronous discharges, PSDs)  
Creutzfeldt –Jakob 病では短周期性の PSD を認めます(図 12)<sup>8)</sup>。

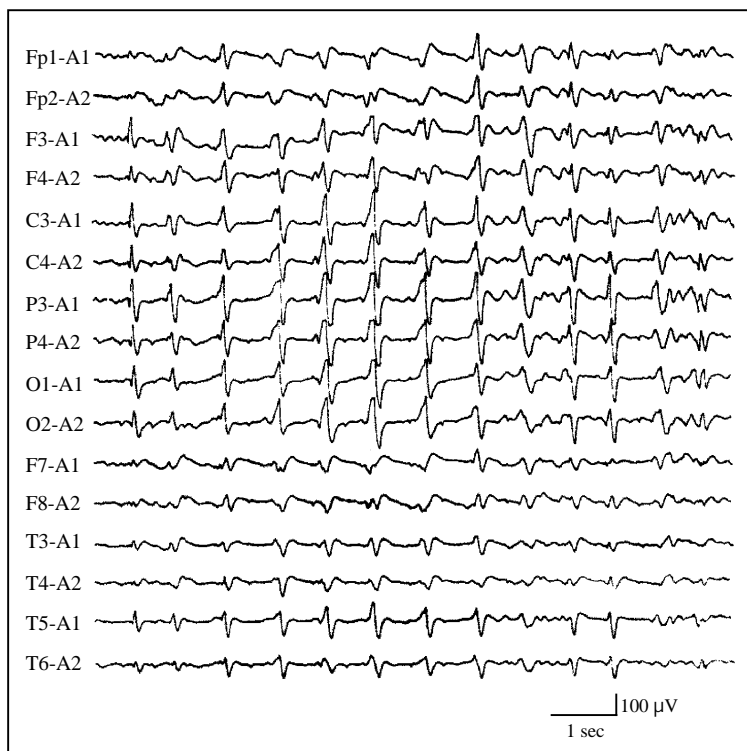


図 12 周期性同期性放電  
65 歳男性で、Creutzfeldt-Jakob 病の診断がついています。両側同期性に約 1 秒周期で PSD が出現します(文献 8)より引用)。

6) 亜急性全硬化性脳炎 (subacute sclerosing panencephalitis, SSPE)

SSPE では長周期性 (3 秒前後) の高振幅複合波 (slow wave complexes) を認めます(図 13)<sup>8)</sup>。

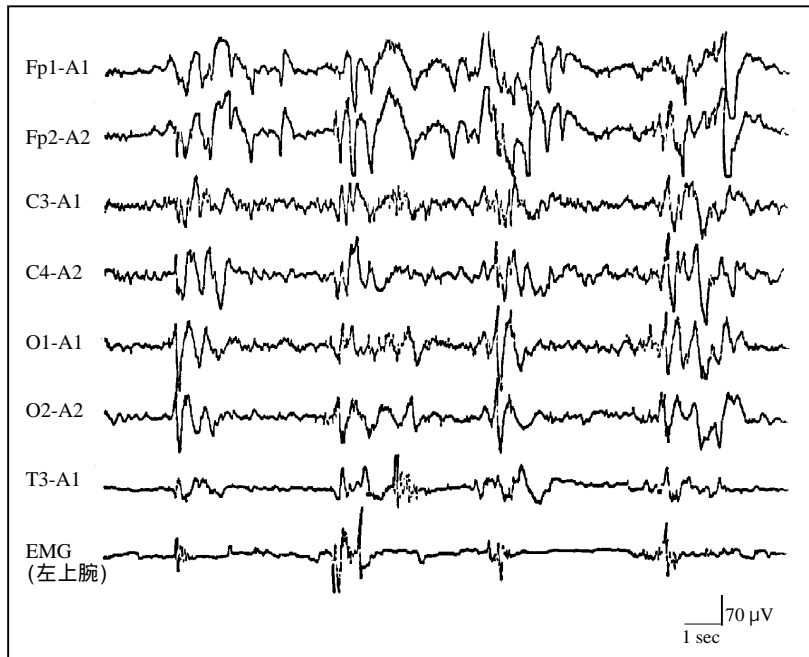


図 13 亜急性全硬化性脳炎  
13 歳女児で亜急性全硬化性脳炎の診断がついています。4~5 秒の周期で高振幅複合波を認めます。左上腕二頭筋の筋電図からはミオクロームス放電を認めます(文献 7 より引用)。

### 7) 三相波(triphasic waves)

A blunt (鈍い) spike and a waveとも記載される陰 - 陽 - 陰の三相性波形です(図 14)。前頭~中心部に著明で、肝性脳症に特徴的な脳波所見とされていますが、他の代謝性脳症でも出現します<sup>7)</sup>。

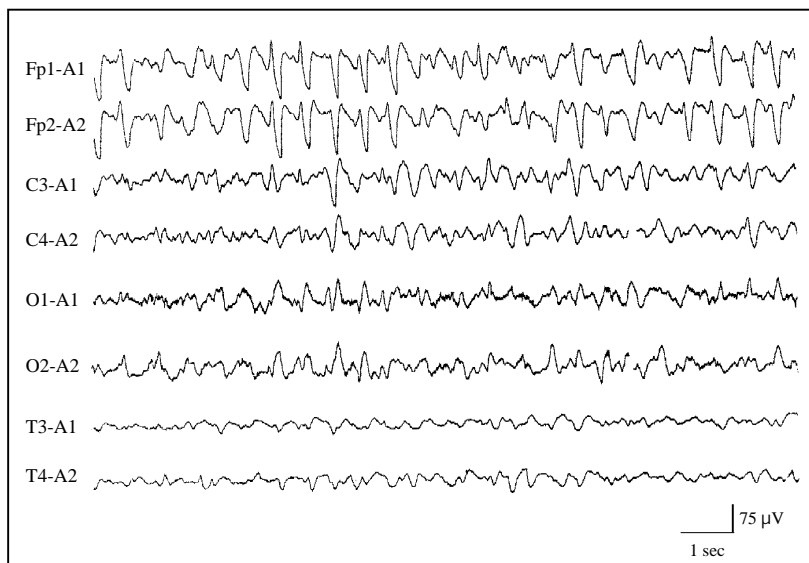


図 14 三相波  
36 歳の患者で急性白血病に急性腎不全を伴い半昏睡の状態です。三相波が前半部優位に出現しています。このように肝性脳症以外の代謝性脳症でも三相波が出現することに気をつけてください(文献 7 より引用)。

### 8) バースト・サプレッションパターン(burst suppression pattern)

同期性に不規則高振幅徐波複合が出現し、その間欠期では背景脳波が抑制され平坦となった状態です(図 15)。重篤な脳障害を示唆しますが、バルビツール系薬物中毒でも出現します<sup>2)</sup>。

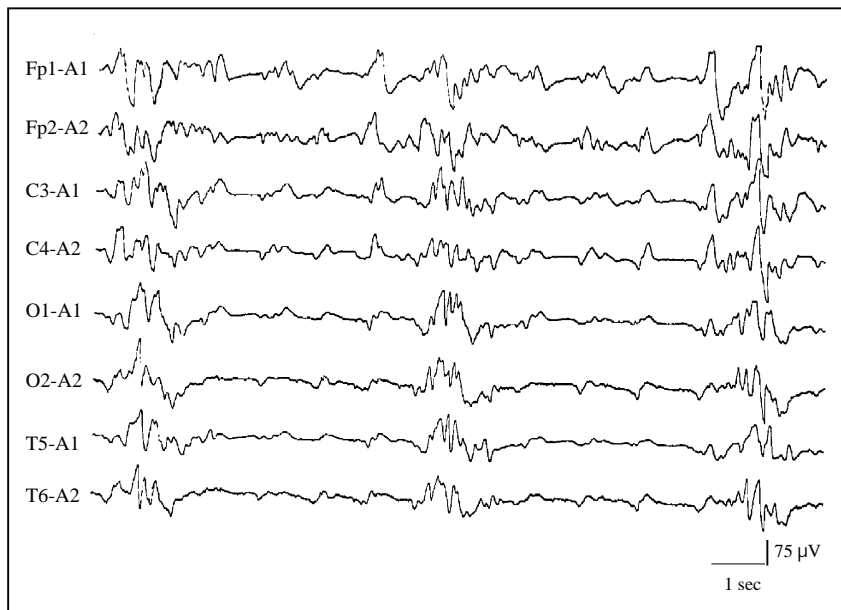


図 15 バースト・サブプレッションパターン

50歳の患者で心停止による重症の無酸素脳症の状態です。この脳波記録の1週間後に死亡しました。同期性に不規則高振幅徐波複合が出現し、その間欠期では背景脳波が抑制され平坦となっています(文献7)より引用)。

### 9) 昏睡

昏睡 coma 状態では 波が主体の  $\delta$ -coma、主体の  $\theta$ -coma、睡眠紡錘波 spindle coma の出現がみられることがあります。 $\delta$ -coma は脳幹部(橋)の血管障害のほか無酸素性脳症、薬物中毒などでもみられます。正常の  $\delta$  波と異なり、分布がびまん性で痛み刺激に反応しません(図 16)<sup>2)</sup>。

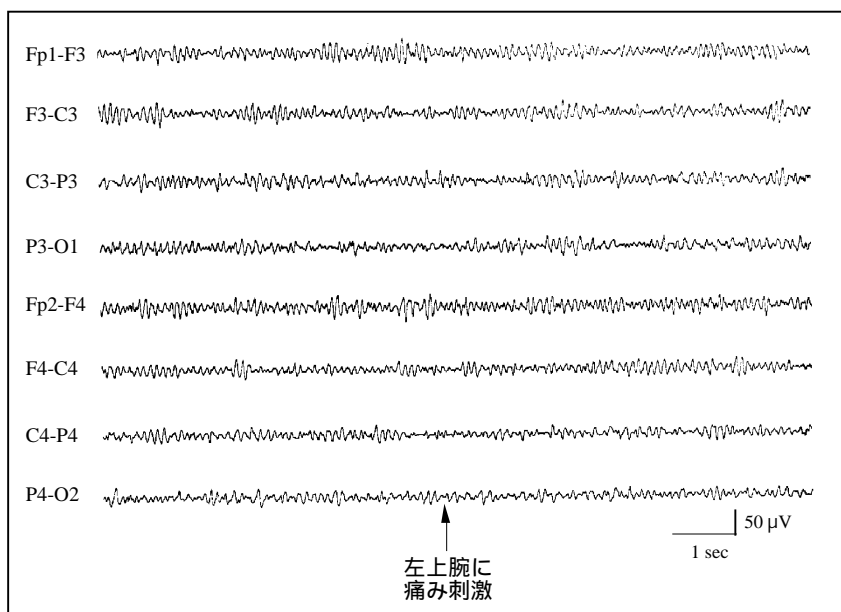


図 16 昏睡

24歳男性で3日前に心停止後、昏睡状態となりました。正常の  $\delta$  波とは異なり、分布がびまん性で痛み刺激に反応しません(文献2)より引用)。

### 10) 平坦脳波 electrocerebral inactivity

2  $\mu$ V 以上の電氣的脳活動がみられない状態で、いわゆる脳死を意味します。脳死判定時には感度を4倍以上あげて記録し、痛み刺激などの反応性をみなければなりません(図 17)。双極導出での電極間距離を長くする(例: Fp1-C3, C3-O1)ことも必要です。バルビツール中毒でも認められますので、気をつけましょう。



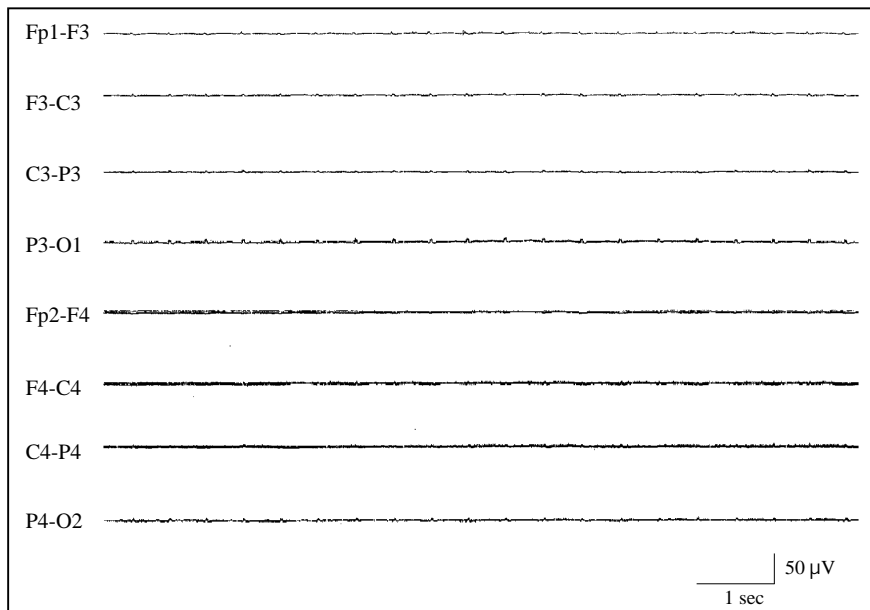


図 17 平坦脳波  
61 歳男性で 2 日前に心停止を来しました。心電図の混入以外には脳の電氣的脳活動がみられません。いわゆる平坦脳波です(文献 2)より引用)。

#### -4 よく見られる異常脳波所見とその臨床的意義

異常脳波というのは正常では出現しない波形の脳波はもちろん、波形は正常でも出現が異常であるようなものも含まれます。また、安静時には異常が認められなくても、睡眠や過呼吸あるいは閃光のような刺激によって引き起こされ、潜在的な異常が見出されることもあります。優位律動の周波数、徐波の混入の程度を知ることにより、脳の基本的な機能水準を推測することができます。優位律動の徐波化、徐波の混入の増大は大脳皮質の機能低下を示唆します。

##### 1) 優位律動の徐波化 (slow dominant rhythm)

両側性なら軽度～中等度の脳機能低下、一側性ならその半球の機能低下が示唆されます。

##### 2) 優位律動の消失 (lack of dominant rhythm)

両側性なら中等度～高度の脳機能低下、一側性ならその半球の中等度～高度の機能低下が示唆されます。

##### 3) 背景活動の徐波化 (diffuse background slowing)

周波数が遅くなればなるほど、その振幅が大きくなるほど異常の程度が強くなります。例えば、中等振幅の 6 Hz 波より高振幅の 2 Hz 波の方がより異常の程度が強いと考えられます。開眼、音、光、痛み刺激に対する反応性がないとそれだけ異常の程度が強くなります。

#### -5 脳波所見の書き方

優位律動を含む背景活動の所見を書きます。その後、光刺激、過呼吸による変化、発作波の出現の有無を記載します。徐波や棘波をみた時は、等電位マップを頭に描いてみましょう。最後に異常の程度を判定します。脳波所見から病態生理の鑑別診断を行なった後に、臨床所見と対比します<sup>1)</sup>。脳波判読の落とし穴に関しては、        、        章で述べてきましたが、最近の総説<sup>9, 10)</sup>も参考にしてください。

1) 軽度異常 mildly abnormal

背景脳波または優位律動が軽度に異常である場合をいいます。健康人でもこの位の異常は 20%位にあり得ます。

2) 中等度異常 moderately abnormal

軽度または高度異常を除いた異常脳波です。脳波所見と臨床的相関が明らかに認められます。

3) 高度異常 markedly abnormal

正常の背景脳波または優位律動が全くみられないか、著明な異常波がある場合をいいます。

-6 脳波所見のサンプル

私を書いた所見を下記に示します。読者が脳波所見を頭の中に直ぐに思い描ければ(想像できれば)、幸いです。なお、先に臨床情報を得ると先入観から、所見に対する解釈の誤りを犯しやすいので、情報を得ずに虚心坦懐で読むことを心がけましょう。てんかん疑いということで脳波のオーダーがあった場合、ちょっとでも先の尖った波を見ると棘波と思い込むことがよくあります。

1) サンプル 1 (64 歳、男性)

背景活動：優位律動は 8~9 Hz の中等振幅の波で、左の方が右に比べて出現は不良である。開眼により抑制されるが、modulation や organization は不良である。中側頭部~中心部まで分布しており、正常よりも広い。左前側頭部に持続性多形性活動(PPDA)を認める。

光刺激：光駆動はないが、優位律動は抑制される。PPDA は抑制されない。記録の 10%程度に睡眠脳波がみられ、頭蓋頂鋭波および紡錘波が出現することから睡眠 2 期である。

過呼吸：明らかな徐波化は認めない。PPDA は増強される傾向を認めた。

突発性異常：しばしば左前側頭部(F7)に鋭波が出現する。

判定：中等度異常覚醒および軽睡眠脳波

臨床との相関：左半球の機能低下が示唆される。また、左前側頭部に占拠性病変があり、部分発作(二次性全般化)の可能性がある。

2) サンプル 2 (60 歳、女性)

背景活動：優位律動は 8 Hz 前後の中等振幅の slow 波で、明らかな左右差はない。開眼により抑制されるが、modulation や organization は不良である。中側頭部~中心部まで分布しており、正常よりも広い。5~6 Hz の中等振幅の波が両側びまん性に混入する。時に前頭部間欠性律動性活動(FIRDA)が出現する。記録のほとんどは覚醒状態であった。

光刺激：光駆動はないが、優位律動は抑制される。FIRDA は抑制される。

過呼吸：明らかな徐波化は認めない。FIRDA は増強される傾向を認めた。

突発性異常：出現なし。

判定：中等度異常覚醒脳波

臨床との相関：優位律動の徐波化および FIRDA が時に出現することから、両半球の広

汎な機能低下が示唆される。びまん性脳障害(変性疾患、代謝性、中毒性)が疑われる。

#### -6 おわりに

コンピュータ断層撮影法(CT)や磁気共鳴画像(MRI)の発達により、脳の形態異常を画像として捉えるのは容易になってきました。しかし、画像として捉られることの少ない機能的神経疾患群、特にてんかんの診断と治療には脳波は欠かせない補助診断法です。また、代謝性脳症、脳死の診断にも有用な検査法です。この判読のポイントが初心者の脳波に対するアレルギーを少しでも減らし、脳波判読の向上に役立てば幸いです。中級者に対しては、基礎知識の復習に使っていただけるとは思いません。また、脳波を専門とする上級者からは忌憚のないご意見をいただければ幸いです。

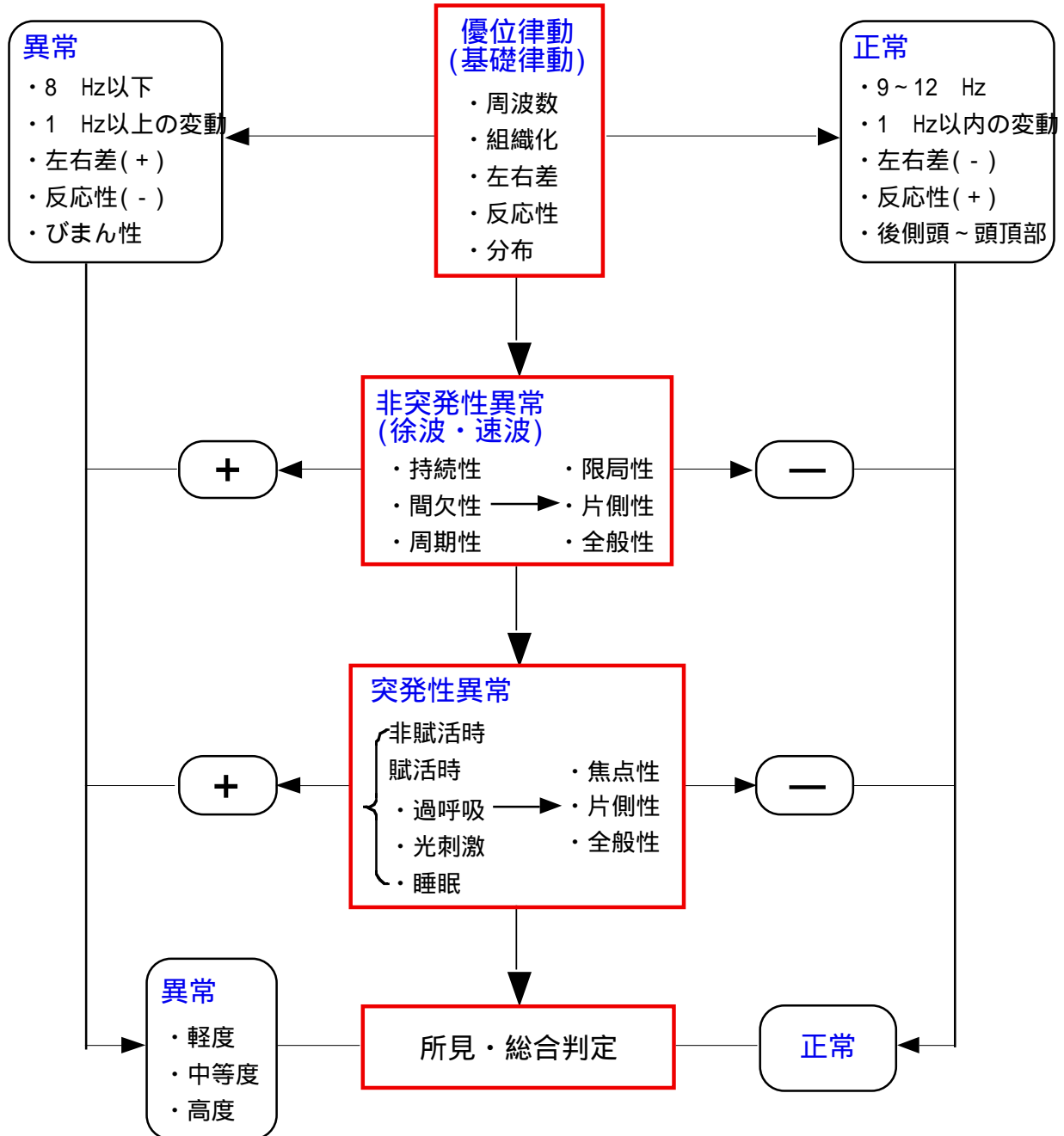
#### -7 謝辞

資料の提供ならびに編集にご協力いただいた当教室の谷脇考恭助教授、後藤純信助手、大学院生の山崎貴男、前川敏彦、黒川智美、鶴澤礼実、秘書の渡邊 陽さんに深謝致します。

#### -8 文献

- 1) 柴崎 浩: 脳波の合理的な判読法. 臨床脳波, 16: 304-313, 1974.
- 2) Current practice of clinical electroencephalography. Klass DW, Daly D (eds), Raven Press, New York, 1979.
- 3) Kozelka JW, Pedley TA: Beta and mu rhythms. J Clin Neurophysiol, 7:191-207, 1990.
- 4) Mizrahi EM: Avoiding the pitfalls of EEG interpretation in childhood epilepsy. Epilepsia, 37(suppl. 1): S41-S51, 1996.
- 5) The treatment of epilepsy. Principles and practice. Wyllie E (ed.), 3rd ed, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2001.
- 6) Current practice of clinical electroencephalography. Ebersole JS, Pedley TA (eds), 3rd ed, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2003.
- 7) Markand ON: Electroencephalography in diffuse encephalopathies. J Clin Neurophysiol, 1: 357-407, 1984.
- 8) Brenner RP, Schaul N: Periodic EEG patterns: Classification, clinical correlation, and pathophysiology. J Clin Neurophysiol, 7: 249-267, 1990.
- 9) 加藤元博: 脳波判読の pitfalls (I). 臨床脳波, 43: 454-462, 2001.
- 10) 加藤元博: 脳波判読の pitfalls (II). 臨床脳波, 43: 524-532, 2001.

## 成人脳波判読の流れ



# 脳波簡易アトラス

