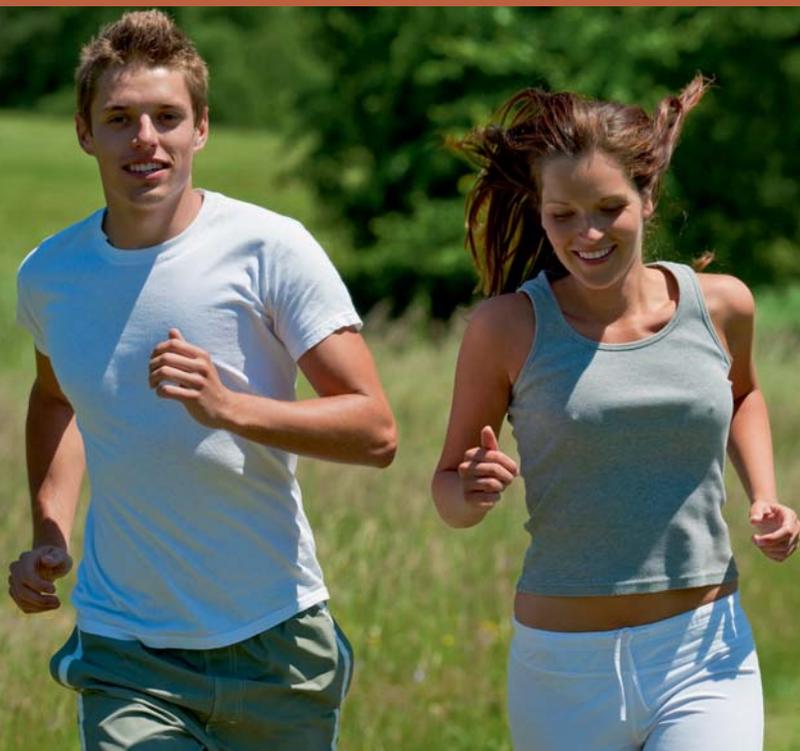


Kaffee

und physische Leistungsfähigkeit

Wirkungen auf die Gesundheit

Dr. Wolfgang Grebe





Kaffee und physische Leistungsfähigkeit

Einleitung

Für die meisten Menschen ist Kaffee ein Genussmittel, das sie entweder täglich mehrmals oder aber nur hin und wieder zu sich nehmen, weil sie die wachmachenden, konzentrationssteigernden und stimmungsaufhellenden Eigenschaften des Kaffees schätzen, oder weil ihnen das Getränk eben einfach gut schmeckt. Bei aktiven Sportlern oder Menschen, die sehr regelmäßig Sport betreiben, kommt oft noch ein anderer Aspekt des Kaffees hinzu: Sie wollen seinen positiven Einfluss auf die körperliche Leistungsfähigkeit nutzen. Genau genommen geht es dabei um einen der wichtigsten Inhaltsstoffe des Kaffees, das Koffein. Koffein wird schon seit Jahrzehnten von professionellen Athleten, aber auch von ambitionierten Freizeitsportlern dazu eingesetzt, ihr Training zu unterstützen und bei Wettkämpfen besser abzuschneiden. Manche versuchen auch, mit Koffein ihren Stoffwechsel anzuregen und überschüssiges Körperfett abzubauen. Das hört sich jetzt stark nach unerlaubtem Doping an, und tatsächlich stand Koffein früher auch einmal auf der Liste der verbotenen Substanzen der Welt-Antidoping-Agentur (WADA). Im Jahr 2004 wurde Koffein dann aber von der WADA und dem Internationalen Olympischen Komitee (IOC) wieder von der Dopingliste gestrichen.

Der damalige Grenzwert von 12 µg/ml im Urin war so hoch, dass man Unmengen zu sich nehmen musste, um überhaupt diese Grenze zu erreichen. Hinzu kam, dass Koffein in vielen Getränken und Produkten enthalten ist und somit nicht generell verboten oder der Grenzwert beliebig niedrig angesetzt werden konnte. Da außerdem Grenzwerte untauglich sind, um zwischen normalem Koffeingebrauch und Dopingabsicht zu unterscheiden, wurde Koffein freigegeben und erscheint nicht mehr in der Dopingliste der WADA.

In jedem Fall zeigt all dies, dass das Interesse an der leistungsfördernden Wirkung von Kaffee beziehungsweise Koffein offenbar nicht unbegründet ist. Was Wissenschaftler tatsächlich bisher über den Einfluss von Koffein auf das physische Leistungsvermögen sowie die zugrunde liegenden biochemischen und physiologischen Mechanismen herausgefunden haben, darüber wollen wir in dieser Broschüre ausführlicher informieren.



Koffein ist der entscheidende Faktor

Koffein (1,3,7-Trimethylxanthin) ist die pharmakologisch aktive Substanz, die weltweit am häufigsten konsumiert wird. Es handelt sich um ein Purin-Alkaloid, das nahe verwandt ist mit dem Theophyllin (im Tee) und dem Theobromin (im Kakao). Koffein ist ein Naturstoff, den man in mehr als 100 Pflanzenarten in deren Blättern, Früchten oder Samen finden kann. Unter den Nutzpflanzen weisen der Teestrauch (*Camellia sinensis/Thea assamis*), der Kaffeestrauch (*Coffea*), die südamerikanische Schlingpflanze *Paulina sorbilis* (Guarana), die Kola-Nuss sowie der Mate-Strauch die höchsten Koffeingehalte auf. Auch Kakao enthält neben Theobromin noch geringe Mengen Koffein (1).

Koffein aus der Nahrung gelangt etwa 30 bis 45 Minuten nach der oralen Aufnahme nahezu vollständig über den Magen und den Dünndarm in den Körper. Dort beträgt seine Halbwertszeit bei einem erwachsenen Menschen ungefähr drei bis vier Stunden (2).

Koffein stimuliert das Zentralnervensystem (ZNS), wodurch Wachheit, Aufmerksamkeit und Konzentrationsvermögen gesteigert werden. Die Abbauprodukte des Koffeins können die Blutgefäße erweitern, das Urinvolumen erhöhen (Theobromin), die glatte Muskulatur entspannen (Theophyllin) und die Lipolyse fördern (Paraxanthin). Über Koffein wird außerdem eine Steigerung der Sauerstoffaufnahme sowie der Catecholaminen-Freisetzung und eine Erhöhung der Stoffwechselrate vermittelt (2, 3).

Die Eigenschaft des Koffeins, die Muskelleistung zu verstärken, ist bereits seit Beginn des 20. Jahrhunderts bekannt (4). Costill zeigte 1978, dass die Gabe von 330 Milligramm Koffein eine Stunde vor Trainingsbeginn auf einem Fahrradergometer die Zeitdauer bis zum Einsetzen der Erschöpfung verlängert, also die Ausdauer verbessert (5).

In welcher Form man dem Körper Koffein zuführt (Kaffee, Elektrolytdrinks, Koffeinkapseln oder koffeinhaltige Kaugummis), scheint die leistungsfördernde Wirkung kaum zu beeinflussen. Am schnellsten erfolgt die Aufnahme durch Koffein-Kaugummis über die Mundschleimhaut (6).



Ob Koffein etwa 60 Minuten vor dem Training oder erst während des Trainings selbst eingenommen wird, scheint auf die leistungsfördernde Wirkung keinen wesentlichen Einfluss zu haben. Die Zufuhr sowohl vorher als auch während des Sports ergibt eine leichte zusätzliche Leistungssteigerung. Der Zeitpunkt der Einnahme ist also nur ein unbedeutender Faktor (7, 8).

Koffeinquelle	Koffeingehalt
1 Tasse Kaffee (150 ml)	50–100 mg
1 Tasse Kaffee (entkoffeiniert)	3 mg
1 Tasse Tee (150 ml)	25–90 mg
1 Tasse Kakao (150 ml)	2–20 mg
Halbbitterschokolade (100 g)	50–110 mg
Vollmilchschokolade (100 g)	3–35 mg
Cola (330 ml)	35–55 mg
Energy Drinks	ca. 80 mg

Koffein hilft schon in kleinen Mengen

Die Menge an Koffein, die in den Studien untersucht wurden, bewegt sich in einem breiten Spektrum zwischen 1 und 13 mg/kg KG (Milligramm pro Kilogramm Körpergewicht). Die meisten Untersuchungen arbeiten aber mit Werten um 5 bis 6 mg/kg KG. Allgemein akzeptiert scheint derzeit die Ansicht, dass für eine sichtbare Leistungsverbesserung eine Koffeinzufuhr von mindestens 3 mg/kg KG benötigt wird. In Sportlerkreisen werden häufig Mengen von bis zu 6 mg/kg KG verwendet. In diesem Bereich bildet sich ein Plateau. Noch höhere Dosierungen resultieren nicht in einer weiteren Leistungssteigerung (9-11).



Profitieren nur Ausdauersportler vom Koffein?

Typischerweise erweist sich Koffein vor allem beim Ausdauertraining als besonders wirkungsvoll, also bei Sportarten, bei der länger andauernde, kontinuierliche Belastungen erfolgen, wie beispielsweise beim Radfahren, Schwimmen, Langlauf oder Triathlon. Es liegt eine Vielzahl von Studien vor, die zeigen, dass Koffein hier die Ausdauerleistung erhöht [2, 5, 12-17].

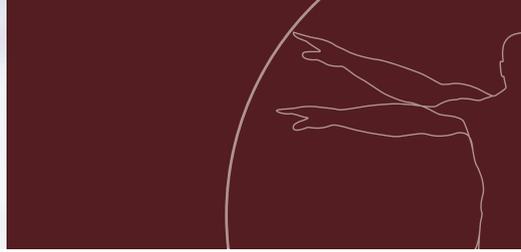
In einer Meta-Analyse aus dem Jahr 2004 wurde versucht, den Koffein-Effekt sowohl auf die Ausdauerleistung bis zur Erschöpfung als auch auf kurzzeitige, hochintensive Trainingsprotokolle zu quantifizieren [18].

Auch dabei stellte sich heraus, dass Koffein die Ausdauerleistung in höherem Maße verbessert als das Kurzzeit-Leistungsvermögen. Im Unterschied zum Ausdauersport, bei dem die Energie überwiegend über aerobe Stoffwechselwege zur Verfügung gestellt wird, erfolgt die Energiezufuhr bei sehr kurzzeitigen körperlichen Höchstleistungen anaerob.

Taugt Koffein also nur für Radfahrer und Langläufer?

Während die Datenlage beim Ausdauertraining eindeutig für einen positiven Einfluss von Koffein auf die Leistungsfähigkeit spricht, ist die Situation bei kurzzeitigen Höchstleistungen weniger klar.

Studien zu den Effekten von Koffein auf anaerobe, also auf kurzzeitige Höchstbelastungen ausgelegte Sportarten wie Sprint, Mannschaftsspiele und Krafttraining kommen zu uneinheitlichen Ergebnissen. Astorino und Roberson haben insgesamt 29 Studien zu diesem Thema einem systematischen Review unterzogen [19]. Elf von 17 Studien belegten signifikante Leistungsverbesserungen bei Mannschafts- und kraftbasierten Sportarten. Dabei fiel auf, dass diese Effekte besonders deutlich bei Eliteathleten zutage traten, die Koffein nur unregelmäßig zu sich nahmen. Sechs von elf Studien zeigten einen positiven Effekt bei Kraftsportlern, bei einigen Untersuchungen war aber auch ein gegenteiliger Effekt beobachtet worden. Die Forscher konstatieren, dass es für die ergogene, also leistungssteigernde Wirkung von Koffein bei kurzzeitigen Hochleistungssportarten noch keine plausible Erklärung gibt. Vermutlich sind mehrere Faktoren beteiligt,



wie der Adenosin-Antagonismus (dazu später mehr), eine veränderte Wahrnehmung der Anstrengung, eine verbesserte Reaktionszeit und Aufmerksamkeit oder eine Stimmungsaufhellung.

Auch ein Review aus dem Jahr 2008 kommt zu der Schlussfolgerung, dass die Wirkung von Koffein auf hochintensive Trainingsübungen mit einer Dauer von unter 3 Minuten in den vorhandenen Studien nicht einheitlich bewertet wird [20]. Eine mögliche Erklärung für diese unterschiedlichen Ergebnisse und Einschätzungen könnte sein, dass das Ausmaß der Reaktion auf Koffein durch die Unterschiede in der individuellen Koffein-Verstoffwechslung begründet liegen könnten [19].

Aus einigen Untersuchungen an Sportlern gibt es Hinweise darauf, dass nicht jeder Mensch in gleicher Weise auf Koffein reagiert, was das Ausmaß der Leistungssteigerung betrifft. Worauf diese unterschiedliche Reaktion beruht, ist allerdings nicht klar [21-27].

Ein möglicher Mechanismus, der dabei eine Rolle spielen könnte und in der Literatur diskutiert wird, ist die Gewöhnung an die Koffeinwirkung bei regelmäßigen Kaffeetrinkern bzw. Koffeinverwendern. Dosis-abhängige Schwankungen der Leistungssteigerung wären dann auf die individuelle Gewöhnung an Koffein zurückzuführen [28, 29].

Andererseits kommen andere Untersuchung zu dem Schluss, dass die Unterschiede zwischen regelmäßigen und sporadischen Kaffeetrinkern nur sehr gering sind [30-33].

Welcher Mechanismus liegt der leistungssteigernden Wirkung von Koffein zugrunde?

Eine aktuelle Übersicht über den Stand der Forschung zum Thema „Wie beeinflusst Kaffee bzw. Koffein das sportspezifische Ausdauervermögen“ gibt ein systematisches Review von Ganio et al., für das 21 relevante Studien ausgewertet wurden [34]. Für die nachweislich vorhandene Steigerung der physischen Leistungsfähigkeit durch Koffein werden darin drei mögliche Mechanismen vorgeschlagen:



- a) Koffein induziert eine erhöhte Mobilisierung von intrazellulärem Kalzium
- b) Koffein stimuliert die Oxidation freier Fettsäuren
- c) Koffein fungiert als Adenosin-Rezeptor-Antagonist im Zentralnervensystem (35).

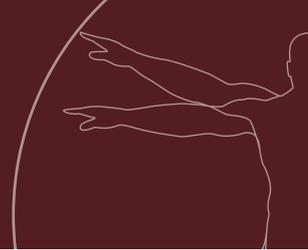
Dass die ergogenen Effekte von Koffein bei aeroben Sportarten mit einer erhöhten Oxidation freier Fettsäuren zusammenhängt und sich daraus ein Einspareffekt beim Muskel-Glykogen ergibt, hatten schon Costill et al. 1978 postuliert (5). Neuere Untersuchungen und Reviews kommen allerdings zu dem Ergebnis, dass der antagonistische Effekt von Koffein auf die Adenosin-Rezeptoren im Gehirn von erheblich größerer Bedeutung für die Leistungssteigerung ist (2, 36-39). Über diesen Weg könnte Koffein die zentrale Erschöpfung modulieren und die subjektive Bewertung der Anstrengung, der Schmerz Wahrnehmung und der Kraftreserven beeinflussen. Dies alles würde dann zur Verbesserung des Leistungsvermögens beitragen (40, 41).

Tatsächlich überwindet Koffein die Blut-Hirn-Schranke und ist ein starker Antagonist der Adenosin-Rezeptoren im ZNS, blockiert diese also (42). Demzufolge wirkt Koffein den hemmenden Effekten von Adenosin auf die Erregbarkeit der Neuronen, auf die Neurotransmitter-Freisetzung und auf den Wachheitsgrad entgegen (36).

Ebenso könnten die schmerzlindernden Eigenschaften des Koffeins einen zusätzlichen Beitrag leisten. Forscher der University of Illinois hatten einer Hälfte der Versuchspersonen eine Stunde vor einem intensiven Radtraining Koffeinkapseln verabreicht, die andere Gruppe bekam ein Placebo. Es stellte sich heraus, dass in der Koffein-Gruppe nach dem Training seltener über Muskelschmerzen geklagt wurde. Die Forscher führten dies auf die leicht schmerzlindernde Wirkung des Koffeins zurück (43).

Wegen der großen Bedeutung der Adenosin-Rezeptoren für die zentrale Ermüdung ist es wichtig zu verstehen, welche Faktoren die Zahl der Adenosin-Rezeptoren oder deren Sensitivität modulieren oder verändern können, da dies wiederum eine Rolle spielt für die Leistungssteigerung durch Koffein.

Aus Tiermodellen ist bekannt, dass chronischer Koffeinkonsum die Zahl und die Affinität der Adenosin-Rezeptoren im ZNS steigen lässt (44, 45). Möglicherweise wird durch diesen Effekt dann immer mehr Koffein benötigt, um die antagonistische Aktivität an den Rezeptoren auf dem gleichen Niveau zu halten. Dies könnte den Gewöhnungseffekt erklären und damit die in den Studien manchmal



etwas voneinander abweichenden Ergebnisse zur Leistungssteigerung durch Koffein.

Tatsächlich gibt es Hinweise darauf, dass der leistungsfördernde Effekt bei Sportlern, die nur selten Koffein zu sich nehmen (< 50 mg Koffein täglich) größer ausfällt als bei jenen, die regelmäßig Koffein in größeren Mengen verwenden (> 300 mg Koffein täglich). Dieser Effekt ist ebenso zu beobachten, wenn die Sportler einige Tage vor dem Training auf Koffein verzichten (28, 29).

Welches die optimale Wartezeit (Dauer der Enthaltbarkeit) für Sportler ist, um den leistungssteigernden Effekt des Koffeins zu maximieren, lässt sich bestenfalls aus Tieruntersuchungen ermitteln. Dort ergab sich ein Zeitraum von 7 Tagen (45).

Zusammenfassung

Umfragen unter Sportlern haben ergeben, dass eine deutliche Mehrheit davon überzeugt ist, dass Koffein ihre Ausdauerleistung und ihre Konzentrationsfähigkeit verbessert (46).

Nach dem derzeitigen Stand der Forschung ist diese Überzeugung wissenschaftlich gut begründet. Eine deutliche Leistungssteigerung durch Koffein konnte vor allem bei Ausdauersportarten nachgewiesen werden, bei denen die Belastung länger als 5 Minuten anhält. Nach der derzeit allgemein akzeptierten Ansicht beruht dieser ergogene Effekt des Koffeins in erster Linie auf dessen antagonistischer Wirkung auf die Adenosin-Rezeptoren im Gehirn.

Nicht ganz so eindeutig wird die leistungsfördernde Wirkung von Koffein bei Sportarten mit kurzzeitigen Höchstbelastungen (< 5 Minuten) beurteilt. Allerdings mehren sich die Hinweise darauf, dass Koffein auch hier einen positiven Einfluss ausübt.

In einem Review aus dem Jahr 2009 folgern die Autoren (47), dass auch Sportler aus Mannschaftsspielen mit anaeroben Höchstleistungen wie Fußball, Rugby, American Football etc. von Koffein profitieren können. Sie vermuten, dass dafür vor allem die stimulierende Wirkung von Koffein auf das ZNS über den Adenosin-Antagonismus verantwortlich ist, wodurch die Schmerzempfindlichkeit und die subjektive Wahrnehmung der Anstrengung herabgesetzt und der Eintritt der



Erschöpfung verzögert wird. Somit würde hier der gleiche biochemische Mechanismus greifen, der auch als Erklärung für die Leistungssteigerung bei aeroben Sportarten postuliert wird.

Als für Sportler nachteilig wurde oft die diuretische Wirkung von Kaffee beschrieben. Häufigeres Wasserlassen und ein erhöhter Flüssigkeitsverlust könnten die Leistungsfähigkeit einschränken. Etliche Studien konnten solche negativen Effekte jedoch nicht beobachten. So fand Tarnopolsky [48], dass Koffein weder die Schweißmenge erhöhte noch das Plasmavolumen beeinträchtigte. Auch Wemple et al. [49] konnte keinen erhöhten Flüssigkeitsverlust beim Sport durch die Einnahme von Koffein nachweisen. In moderaten Mengen genossen hat Koffein bzw. Kaffee keine Auswirkungen auf den Wasserhaushalt oder die Wärmeregulation von Sportlern [50].

In welcher Form sollte Koffein am besten aufgenommen werden, welches ist die optimale Dosis, und wann ist der günstigste Zeitpunkt der Einnahme, um die größtmögliche Leistungssteigerung zu erfahren? In Anbetracht der doch recht breiten Streuung der vorliegenden Forschungsdaten sind exakte Empfehlungen hierzu kaum zu geben und sehr von individuellen Faktoren abhängig. Wenn Sportler die leistungsfördernde Koffeinwirkung für sich nutzen wollen, sollten sie im Training zunächst mit geringen Dosierungen beginnen und den Effekt über einige Zeit beobachten, bevor sie Koffein im Wettkampf einsetzen.

Literatur

1. Barone JJ and Roberts HR (1996) Caffeine consumption. *Food Chem Toxicol (England)* 34(1):119-129
2. Graham TE (2001) Caffeine and exercise: Metabolism, endurance, and performance. *Sports Med* 31: 785-807
3. Engels HJ, Wirth JC, Celik S, and Dorsey JL (1999) Influence of caffeine on metabolic and cardiovascular functions during sustained light intensity cycling and at rest. *Int J Sports Nutr* 9: 61-370
4. Rivers WHR and Webber HN (1907) The action of caffeine on the capacity for muscular work. *J Physiol* 36: 33-47
5. Costill DL, Dalsky GP and Fink WJ (1978) Effects of caffeine on metabolism and exercise performance. *Med Sci Sports* 10: 155-158
6. Kamimori GH et al. (2002) The rate of absorption and relative bioavailability of caffeine administered in chewing gums versus capsules to normal healthy volunteers. *Int J Pharm* 234: 159-167
7. Conway KJ, Orr R and Stannard SR (2003) Effect of divided caffeine dose on endurance cycling performance, postexercise urinary caffeine concentration, and plasma paraxanthine. *J Appl Physiol* 94: 1557-1562



8. Cox GR, Desbrow B, Montgomery PG, Anderson ME, Bruce CR, Macrides TA, Martin DT, Moquin A, Roberts A, Hawley JA and Burke LM (2002) Effect of different protocols of caffeine intake on metabolism and endurance performance. *J Appl Physiol (United States)* 93(3): 990-999
9. Bruce CR et al. (2000) Enhancement of 2000-m rowing performance after caffeine ingestion. *Med Sci Sports Exerc* 32: 1958-1963
10. Graham TE and Spriet LL (1995) Metabolic, catecholamine, and exercise performance responses to various doses of caffeine. *J Appl Physiol* 78: 867-874
11. Pasman WJ et al. (1995) The effect of different dosages of caffeine on endurance performance time. *Int J Sports Med* 16(4): 225-230
12. Burke LM (2008) Caffeine and sports performance. *Appl Physiol Nutr Metab* 33: 1319-1334
13. Cole KJ, Costill DL, Starling RD, Goodpaster BH, Trappe SW and Fink WJ (1996). Effect of caffeine ingestion on perception of effort and subsequent work production. *Int J Sports Nutr* 6: 14-23
14. Cox GR, Desbrow B, Montgomery PG et al. (2002) Effect of different protocols of caffeine intake on metabolism and endurance performance. *J Appl Physiol (United States)* 93(3): 990-999
15. Doherty B and Smith PM (2005) Effects of caffeine ingestion on rating of perceived exertion during and after exercise: A meta-analysis. *Scand J Med Sci Sports* 15: 69-78
16. Ivy JL, Costill DL, Fink WJ and Lower RW (1979) Influence of caffeine and carbohydrate feedings on endurance performance. *Med Sci Sports* 11: 6-11
17. Kovacs EMR, Stegen JHCH and Brouns F (1998) Effect of caffeinated drinks on substrate metabolism, caffeine excretion, and performance. *J Appl Physiol* 85: 709-715
18. Doherty M and Smith PM (2004) Effects of caffeine ingestion on exercise testing: a meta-analysis. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 14: 626-648
19. Astorino TA and Roberson DW (2009) Efficacy of acute caffeine ingestion for short-term high-intensity exercise performance: a systematic review. *J Strength Cond Res* (November 2009)
20. Sökmen B, Armstrong LE, Kraemer WJ, Casa DJ, Dias JC, Judelson DA and Maresch CM (2008) Caffeine use in sports: consideration for the athlete. *J Strength Cond Res* 22: 978-986
21. Doherty M (1998) The effects of caffeine on the maximal accumulated oxygen deficit and short-term running performance. *Int J Sports Nutr* 8: 95-104
22. Doherty M et al. (2002) Caffeine is ergogenic following supplementation of oral creatine monohydrate. *Med Sci Sports Exerc* 34: 1785-1792
23. Doherty M et al. (2004) Caffeine lowers perceptual response and increases power output during high-intensity cycling. *J Sports Sci* 22: 637-643
24. Wiles JD et al. (2006) The effects of caffeine ingestion on performance time, speed and power during a laboratory-based 1 km cycling time-trial. *J Sports Sci* 24: 1165-1171
25. Hudson GM et al. (2007) Effects of caffeine and aspirin on resistance training performance, RPE and pain perception. *Med Sci Sports Exerc* 39: S248
26. Plaskett CJ and Cafarelli E (2001) Caffeine increases endurance and attenuates force sensation during maximal isometric contractions. *J Appl Physiol* 91: 1535-1544
27. Maridakis V et al. (2007) Caffeine attenuates delayed-onset muscle pain and force loss following eccentric exercise. *J Pain* 8: 237-243
28. Van Soeren MH and Graham TE (1998) Effect of caffeine on metabolism, exercise endurance, and catecholamine responses after withdrawal. *J Appl Physiol* 85: 1493-1501
29. Bell DG and McLellan TM (2002) Exercise endurance 1, 3 and 6 h after caffeine ingestion in caffeine users and non-users. *J Appl Physiol* 93: 1227-1234
30. McLellan TM and Bell DG (2004) The impact of prior coffee consumption on the subsequent ergogenic effect of anhydrous caffeine. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 14: 698-708
31. Dodd SL et al. (1991) The effects of caffeine on graded exercise performance in caffeine naive versus habituated subjects. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 62: 424-429
32. Wiles JD et al. (1992) Effect of caffeinated coffee on running speed, respiratory factors, blood lactate and perceived exertion during 1500-m treadmill running. *Br J Sports Med* 26: 116-120

33. Bell DG, Jacobs I and Zamecnik J (1998) Effects of caffeine, ephedrine and their combination on time to exhaustion during high-intensity exercise. *Eur J Appl Physiol* 77: 427-433
34. Ganio MS, Klau JF, Casa DJ, et al. (2009) Effect of caffeine on sport-specific endurance performance: a systematic review. *J Strength Cond Res* 23(1): 315-324
35. Spriet LL (2002) Caffeine. In: Performance-enhancing substances in sport and exercise. Bahrke MS and Yesalis CE eds. New York: Human Kinetics, pp. 267-278
36. Davis JM et al. (2003) Central nervous system effects of caffeine and adenosine on fatigue. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 284: R399-R404
37. Kalmar JM and Cafarelli E (2004) Caffeine: a valuable tool to study central fatigue in humans? *Exerc Sport Sci Rev* 32: 144-147.
38. Keisler BD and Armsey TD (2006) Caffeine as an ergogenic aid. *Curr Sports Med Rep* 5: 215-219
39. Paluska SA (2003) Caffeine and exercise. *Curr Sports Med Rep* 2: 213-219
40. Judelson DA et al. (2005) Effect of chronic caffeine intake on choice reaction time, mood, and visual vigilance. *Physiol Behav* 85: 629-634
41. O'Connor PJ et al. (2004) Dose-dependent effect of caffeine on reducing leg muscle pain during cycling exercise is unrelated to systolic blood pressure. *Pain* 109: 291-298
42. Biaggioni I et al. (1991) Caffeine and theophylline as adenosine receptor antagonists in humans. *J Pharmacol Exp Ther* 258: 588-593
43. Gliottoni RC; Meyers JR; Arngrimsson SA; Broglio SP; Motl RW (2009). Effect of caffeine on quadriceps muscle pain during acute cycling exercise in low versus high caffeine consumers. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2009 Apr;19(2):150-161
44. Chou DT et al. (1985) Caffeine tolerance: behavioral, electrophysiological and neurochemical evidence. *Life Sci* 36: 2347-2358
45. Kaplan GB et al. (1993) Caffeine treatment and withdrawal in mice: relationships between dosage, concentrations, locomotor activity and A1 adenosine receptor binding. *J Pharmacol Exp Ther* 266: 1563-1572
46. Desbrow B and Leveritt M (2007) Well-trained endurance athletes' knowledge, insight, and experience of caffeine use. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 17: 328-339
47. Davis JK and Green JM (2009) Caffeine and anaerobic performance. *Sports Med* 39(10): 813-832
48. Tarnopolsky MA (1994) Caffeine and endurance performance. *Sports Med (New Zealand)* 18(2): 109-125
49. Wemple RD, Lamb DR, McKeever KH (1997) Caffeine vs caffeine-free sports drinks: effects on urine production at rest and during prolonged exercise. *Int J Sports Med (Germany)* 18(1): 40-46
50. Armstrong et al. (2007) Caffeine, fluid-electrolyte balance, temperature regulation, and exercise-heat tolerance. *Exerc Sport Sci Rev* 35: 135-140

Impressum

Herausgeber: Deutsches Grünes Kreuz, Schuhmarkt 4, 35037 Marburg

Autor: Dr. med. Wolfgang Grebe

Co-Autor und Redaktion: Dr. Ingolf Dürr

Quelle: Coffee Science Information Centre (COSIC)

Layout: Christiane Eucker, medialog, Marburg

Satz: Heidi Riehl, medialog, Marburg

Bildnachweis: ©Fotolia [alle Fotos]

Druck: Jürgen Haas Print Consulting, Gladenbach

1. Auflage 2010

© VERLAG im KILIAN, Marburg

Mit Unterstützung durch





www.kaffee-wirkungen.de

