



koffie
en bewegen

Colofon

Uitgave

Kenniscentrum Koffie en Gezondheid

Fotografie omslag

Pieter Bas Doornenbal, Reclamefotografen

Vormgeving

hsgb stimio, Tiel

Druk

hsgb spijker, Buren

Copyright

© juni 2012, Kenniscentrum Koffie en Gezondheid, Rijswijk

Verkrijgbaarheid

De brochure 'Koffie en bewegen' is gratis te bestellen en te downloaden via www.koffieengezondheid.nl. Ook kunnen hier de brochures 'Koffie, hart en bloedvaten', 'Koffie, maag darm en lever' en 'Koffie en hoofdzaken' worden aangevraagd. Tevens kunt u zich aanmelden voor de digitale nieuwsbrief op www.koffieengezondheid.nl. De gratis nieuwsbrief houdt u op de hoogte van de meest recente wetenschappelijke informatie over koffie en gezondheid.

Kenniscentrum Koffie en Gezondheid

Postbus 161

2280 AD Rijswijk

Tel.: 070 - 3365163

Fax: 070 - 3365167

E-mail: info@koffieengezondheid.nl

Website: www.koffieengezondheid.nl

Inhoudsoverzicht 'Koffie en bewegen'

	Pagina
Inleiding	5
1 Koffie, cafeïne en fysieke prestaties	
Koffie en fysieke prestaties	7
Cafeïne en duurprestaties	7
Cafeïne en kortdurende activiteit	8
Cafeïne en teamsport	10
Werkingmechanisme	11
Cafeïne en spieren	13
Cafeïne en pijnperceptie	14
Cafeïne en substraatmetabolisme	15
Cafeïne en koolhydraten	15
Samenvatting	17
Referenties	18
2 Fysiologische effecten van koffie	
Koffie en vochtbalans	21
Cafeïne en vochtbalans tijdens inspanning	22
Koffie en gewrichten	23
Koffie en botdichtheid	23
Koffie en ijzerabsorptie	25
Koffie en cardiovasculaire parameters	26
Samenvatting	29
Referenties	30
3 Overwegingen voor sporters	
Dosis, timing en vorm cafeïne	33
Bijwerkingen	36
Groter effect na tijdelijk stoppen consumptie?	37
Wie heeft het meeste profijt?	37
Effect op lichaamssamenstelling	38
Cafeïne en World Anti-Doping Agency	39
Samenvatting	41
Referenties	42



Inleiding

Of men nu traint voor een marathon, een balletje trapt of een fietstocht maakt, voor iedereen geldt: cafeïne verbetert de fysieke prestaties. Dat blijkt uit talloze onderzoeken. Ongeveer één uur voor de inspanning 3 mg cafeïne per kg lichaamsgewicht, ofwel twee tot drie kopjes koffie, geeft het meeste profijt. In deze brochure geeft het Kenniscentrum Koffie en Gezondheid antwoorden op veelgestelde vragen over koffie en cafeïne in relatie tot fysieke prestaties en andere onderwerpen die daaraan gerelateerd zijn.

Aan de inhoud hebben verschillende sportdiëtisten en wetenschappers vanuit hun vakgebied meegewerkt en wij willen hen graag bedanken voor hun waardevolle bijdrage:

- Prof. Maria Hopman, hoogleraar Integratieve Fysiologie, Faculteit der Medische Wetenschappen, Radboud Universiteit Nijmegen
- NOC*NSF met speciale dank aan:
 - Kamiel Maase, Prestatiemanager Wetenschappelijke Ondersteuning Topsport NOC*NSF
 - Linda Swart, SCAS gecertificeerd sportdiëtist en lid Team Voeding van NOC*NSF
 - Anne-Marijke Ambergen, IOC-gediplomeerd sportdiëtist, lid Team Voeding van NOC*NSF en docent Voeding aan de Hogeschool van Amsterdam
- Drs. Anneke Palsma, SCAS gecertificeerd sportdiëtist en voedingskundige en voorheen beleidsmedewerker preventie bij de Dopingautoriteit
- De Vereniging Sportdiëtetiek Nederland (VSN)

Mocht u na het lezen van deze brochure nog vragen of opmerkingen hebben dan vernemen wij dat graag. Ook kunt u de brochure gratis bestellen door een e-mail te sturen aan info@koffieengezondheid.nl of van de website downloaden via www.koffieengezondheid.nl.



1 Koffie, cafeïne en fysieke prestaties

1 Kan koffie de fysieke prestaties verbeteren?

De effecten van koffieconsumptie op de fysieke prestaties worden eerder gerelateerd aan de cafeïne in koffie dan aan de drank zelf. Cafeïne's effect als ergogeen middel, d.w.z. een stof die de prestaties verhoogt, werd al meer dan honderd jaar geleden ontdekt (Astorino, 2010). In de afgelopen decennia is het ergogene effect van cafeïne op sportprestaties in talloze onderzoeken aangetoond. Recente overzichten zijn te vinden in artikelen van Burke (2008), Graham (2001 en 2008), Ganio (2009), Sökman (2008), Astorino (2010) en Goldstein (2010a). De Europese voedselveiligheidsautoriteit (EFSA) heeft de wetenschappelijke studies van vóór 2007 geëvalueerd en vastgesteld dat er sprake is van een oorzaak- en gevolgrelatie tussen cafeïneconsumptie en verhoogde duurprestaties, duurcapaciteit en verminderde waargenomen inspanning (EFSA, 2011). Uit de uitgebreide literatuur blijkt dat de voordelen al zichtbaar zijn bij matige doses cafeïne (~3 mg per kg lichaamsgewicht), gelijk aan twee tot drie kopjes koffie. Deze voordelen gelden zowel voor getrainde sporters als personen met een relatief inactieve leefstijl, voor zowel mannen als vrouwen, en bij bewegingsvormen van uiteenlopende aard, intensiteit en duur (Burke, 2008; Goldstein, 2010a).

2 Wat is het effect van cafeïne op duurprestaties?

Sport wordt als duuractiviteit beschouwd wanneer de energie voor het grootste deel aeroob wordt vrijgemaakt, dat wil zeggen met behulp van zuurstof. Na circa drie minuten bewegen is een hoger percentage van de energie afkomstig uit de aerobe stofwisseling, onafhankelijk van het soort beweging (Ganio, 2009). In een systematische literatuurstudie naar het effect van cafeïne op duurprestaties werden alleen studies opgenomen waarbij de inspanning langer dan 5 minuten

bedroeg. Het onderzoek omvatte 21 studies met in totaal 33 testen. In de meeste studies bestond de activiteit uit fietsen, rennen of roeien en werden matige hoeveelheden cafeïne toegediend (3 tot 6 mg per kg lichaamsgewicht) (Ganio, 2009). De gemiddelde prestatieverbetering na cafeïneconsumptie bedroeg $3,2 \pm 4,3$ procent, maar varieerde sterk tussen de verschillende studies (-0,3 tot 17,3 procent). Diverse onderzoeken die sindsdien zijn gepubliceerd, bevestigen het ergogene effect van cafeïne op de duurprestaties. De inname van cafeïne (5 mg per kg lichaamsgewicht) één uur voorafgaand aan vijf kilometer hardlopen had een klein maar significant effect op de prestaties: zowel getrainde als recreatieve hardlopers legden de afstand in minder tijd af (O'Rourke, 2008). Bij een fietsproef met getrainde sporters leidden 3 en 6 mg per kg lichaamsgewicht tot een significante verbetering van de prestatie met respectievelijk 4,2 en 2,9 procent. Verdubbeling van de dosis leidde niet tot extra verbetering (Desbrow, 2012). Toevoeging van cafeïne (100 mg) aan een sportreep leidde tot een significante verbetering van de duurprestaties (fietsproef) en complexe cognitieve functies tijdens en na het sporten (Hogervorst, 2008). Volgens de auteurs kan dit effect op de alertheid, focus en waakzaamheid van groot belang zijn bij de meeste wedstrijdsporten waarbij concentratie een grote rol speelt. Bij een fietsproef van anderhalf uur leidde cafeïne-inname tot verminderde waargenomen inspanning en behoud van plezier in de laatste fases van de inspanning vergeleken met een placebo (Backhouse, 2011).

3 Heeft cafeïne invloed op kortdurende intensieve beweging?

Kortdurende intensieve beweging, zoals weerstandstraining, teamsporten, sprinten en krachttraining, is afhankelijk van niet-oxidatieve, of anaerobe, stofwisseling (Astorino, 2010). In een systematische literatuurstudie naar het effect van cafeïne op kortdurende intensieve beweging werden 28 studies opgenomen met in totaal 30 cafeïnetesten en een inspanningsduur van maximaal vijf minuten. Bij 17 studies werd gekeken naar veranderingen bij teamsporten of op de krachten sprintprestaties; 11 hiervan lieten een significante verbetering zien tussen 1 en

20 procent. Bij 11 onderzoeken naar weerstandstraining bleek uit 6 onderzoeken een significante prestatieverbetering als gevolg van cafeïne, met een gemiddelde verbetering van $9,4 \pm 5,7$ procent. De meeste onderzoeken lieten een prestatieverbetering zien na inname van 3 tot 6 mg per kg lichaamsgewicht. De verschillen in trainingsstatus van de proefpersonen in de diverse studies werden genoemd als mogelijke verklaring voor de grote variatie in de onderzoeksresultaten. Getrainde sporters zijn gemotiveerder om te presteren en tonen minder variatie in de prestaties van dag tot dag, waardoor de studies met getrainde sporters minder variabiliteit en een groter statistisch onderscheidingsvermogen hebben. Andere factoren die de variabiliteit kunnen verklaren zijn verschillen in cafeïnestofwisseling (snelle of langzame afbraak) en in de doseringen en de testopzet (Astorino, 2010). Dit wordt bevestigd door Davis en Green (2009), die het belang benadrukken van getrainde proefpersonen en een testprotocol waarbij sportwedstrijden worden gesimuleerd. Zij concluderen dat cafeïne een ergogeen effect heeft op snelheidssporten waarbij de test één tot drie minuten duurt. Bij traditionele krachtproeven waarbij het vermogen wordt gemeten, zoals bij de Wingate-test van dertig seconden, blijkt cafeïne een minimaal effect te hebben. Bij testen van kortere duur (vier tot zes seconden) werden effecten van cafeïne aangetoond tijdens hoog intensieve interval training (Davis 2009). Reguliere cafeïneconsumptie lijkt geen grote impact te hebben op de ergogene eigenschappen van cafeïne. Hoewel habituele cafeïneconsumenten een hogere cafeïnetolerantie hebben dan cafeïneonthouders, is bij de meeste onderzoeken geen significant verschil gebleken ten aanzien van de prestatieverhogende werking bij habituele en niet-habituele cafeïneconsumenten (Graham, 2001; Davis, 2009).

Om het effect van cafeïne op de kracht en het uithoudingsvermogen van de spieren te bepalen, hebben vijftien vrouwen, die aan krachtraining deden, deelgenomen aan een bankdruktest of te wel powerliftingtest. Hierbij werd de maximale uitstoot gemeten, de zogenaamde one repetition maximum (1RM) en vervolgens werd het aantal herhalingen op 60 procent van 1RM gemeten, één uur na toediening van 6 mg cafeïne per kg lichaamsgewicht of placebo. Hoewel na de

toediening van cafeïne een significant groter bankdrukmaximum werd aangetoond, werd bij het aantal herhalingen geen significant verschil gemeten tussen cafeïne en de placebo. De onderzoekers veronderstellen dat een matige dosis cafeïne mogelijk voldoende is voor het verhogen van de krachtprestaties maar niet voor het uithoudingsvermogen van de spieren (Goldstein, 2010b). In een vergelijkbaar onderzoek onder dertien gematigd getrainde mannen, nam zowel het aantal herhalingen tot aan falen als het trainingsgewicht toe na toediening van cafeïne (5 mg per kg lichaamsgewicht). Bovendien voelde de cafeïnegroep zich energieke en minder vermoeid dan de placebogroep (Duncan, 2011). Meer onderzoek is nodig voordat er duidelijke conclusies over het effect van cafeïne op spierkracht en uithoudingsvermogen getrokken kunnen worden.

4 Wat is het effect van cafeïne op sporten met interval activiteit, zoals de meeste teamsporten?

De meeste teamsporten bestaan uit anaerobe beweging waarin sporters gedurende een wedstrijd frequent en herhaaldelijk moeten sprinten met daartussen korte herstelperiodes (Lee, 2011). Om het effect van cafeïne op dit type sportprestaties te beoordelen, is een interval fietssprintproef met verschillende rustintervallen uitgevoerd onder veertien mannen met teamsportervaring. Cafeïne (6 mg per kg lichaamsgewicht) bleek de sprintprestaties (twaalf sprints van vier seconden) in combinatie met een herstelinterval van negentig seconden significant te verbeteren, maar niet in combinatie met een herstelinterval van twintig seconden (Lee, 2011). Typische bewegingspatronen bij sporten op een veld of in een zaal omvatten veel richtings- en/of snelheidsveranderingen als reactie op een stimulus, meestal aangeduid met wendbaarheid. In een testopzet met interval sprints leidde een dosis cafeïne van 6 mg per kg lichaamsgewicht tot een lichte verbetering van de wendbaarheid en de nauwkeurigheid van beslissingen vergeleken met een placebo (Duvnjak, 2011). Bij een voetbalsimulatie namen de overspeelnauwkeurigheid en balbeheersing van de spelers toe na cafeïne-inname (6 mg per kg lichaamsgewicht), evenals hun functionele beenkracht, gemeten

aan de hand van spronghoogte. Cafeïne had geen effect op de prestaties bij vijftien meter sprinten, wat erop wijst dat het effect eerder betrekking heeft op de fijne motoriek, zoals balbeheersing en nauwkeurigheid, dan op de grove motoriek of bewegingssnelheid (Foskett, 2009). Bij teamsporten kan vermoeidheid vaak het verschil uitmaken tussen winnen en verliezen. Er is daarom onderzoek gedaan naar de effecten van cafeïne-inname in vergelijking tot een placebo op de prestaties bij veldhockey gedurende fysieke vermoeidheid. Hieruit bleek dat de vaardigheid van de spelers negatief werd beïnvloed door hun fysieke vermoeidheid. Er werd na toediening van cafeïne (5 mg per kg lichaamsgewicht) significant sneller gedribbeld met de bal, de balbeheersing nam toe en de bereidheid om zich fysiek en mentaal in te spannen was significant hoger. Bovendien was de waargenomen uitputting na cafeïne-inname aanzienlijk minder. De conclusie luidde dat cafeïne bevorderlijk kan zijn bij het compenseren van verminderende vaardigheid door vermoeidheid (Duncan, 2012).

5 Wat is het werkingsmechanisme van cafeïne op de sportprestaties?

Er zijn diverse theorieën ontwikkeld om het ergogene effect van cafeïne te verklaren. Sommige daarvan zijn gebaseerd op in-vitro experimenten gericht op cellulaire en moleculaire processen die veel hogere cafeïneconcentraties vereisen dan de reguliere fysiologische concentraties. Het is daarom onwaarschijnlijk dat het mechanisme achter het ergogene effect van matige hoeveelheden cafeïne uit deze experimenten verklaard kan worden (Jones, 2008; Graham, 2001; Davis, 2009).

Uit diverse onderzoeken is gebleken dat het ergogene effect van cafeïne zich het beste laat verklaren door de antagonistische werking van cafeïne op de adenosinereceptoren (Goldstein, 2010; Davis, 2009; Jones, 2008; Graham, 2008). Adenosinereceptoren komen in de meeste weefsels voor, zoals de hersenen, adipocyten (vetcellen), het hart, de gladde spieren en de skeletspieren. Door-

dat adenosinereceptoren in zo veel weefsels voorkomen, kan cafeïne meerdere weefsels tegelijk beïnvloeden, met uiteenlopende onderlinge reacties als gevolg. Hierdoor is het lastig om te bepalen welke weefsels het eerste worden beïnvloed en welke de grootste rol spelen bij het ergogene effect van cafeïne (Graham, 2001). De adenosinestofwisseling wordt voornamelijk gereguleerd door de afbraak van adenosinetri-, di- en monofosfaat (ATP, ADP en AMP). Sporten kan leiden tot een verhoogd adenosinegehalte in de skeletspieren, gladde spieren, bloedcirculatie en hersenen. Adenosine leidt onder meer tot verhoogde pijnperceptie, verminderde waakzaamheid, vasodilatatie, onderdrukte spontane locomotorische activiteit en toegenomen slaap. Van cafeïne is aangetoond dat het deze effecten tegengaat door blokkering van de adenosinereceptoren, met als gevolg veranderde pijnperceptie, verminderde waargenomen inspanning (waardoor sporters intensiever of langer kunnen presteren) en minder vermoeidheid (Davis, 2009). Bovendien leidt het antagonistische effect van cafeïne tot een verbeterde mentale prestatie en stemming, wat indirect van invloed kan zijn op de prestaties (Burk, 2008).

Verder heeft cafeïne mogelijk effect op de neuromusculaire functie (zie vraag 6), kan het de afgifte van β -endorfinen stimuleren (zie vraag 7) en heeft het mogelijk effect op de substraatstofwisseling (zie vraag 8).



6 Wat is het effect van cafeïne op de spieren?

Samentrekkingen van de spieren leidt tot de uitstroom van kalium (K^+) naar de extracellulaire vloeistof en vervolgens diffusie naar het bloedplasma. Voor een krachtige spiersamentrekking is het belangrijk dat er een elektrochemische gradiënt van natrium (Na^+) en K^+ wordt behouden. Het voorkomen van een toename in extracellulaire K^+ door verhoogde $Na^+ K^+$ ATPase-activiteit kan een gunstiger omgeving opleveren voor excitatie-contractie (overdracht elektrische stimulus in mechanische response) en vermoeidheid vertragen (Davis, 2009). Er wordt verondersteld dat cafeïne mogelijk de $Na^+ K^+$ ATPase-activiteit in de spieren direct of indirect verhoogt door een verhoogde catecholaminerespons (Davis, 2009; Mohr, 2011). Er is aangetoond dat cafeïne tijdens aerobe lichaamsbeweging de toename van K^+ in het plasma vermindert. Voor anaerobe beweging lijken de resultaten echter afhankelijk van de bewegingsintensiteit (Davis, 2009). In een recent placebogecontroleerd onderzoek is gekeken naar het effect van cafeïne op de prestaties tijdens intensieve interval training. De belangrijkste conclusies luiden dat cafeïne-inname het gevoel van vermoeidheid wegnam en het K^+ -gehalte in het interstitium (tussenruimte) van de skeletspieren verlaagde. Ondanks een duidelijk verschil in het K^+ -gehalte in het interstitium van de spieren bleek er geen verschil in het plasmakaliumgehalte tussen de cafeïne- en placeboproef. Dit wijst erop dat het plasmakalium mogelijk geen gevoelige marker is voor het K^+ -gehalte in het interstitium van de spieren (Mohr, 2011). In-vitro onderzoek duidt erop dat cafeïne mogelijk in staat is om de afgifte van calcium (Ca^{2+}) vanuit het sarcoplasmisch reticulum (SR) naar de cytosol van de spiercel op te wekken. Cafeïne lijkt de ryanodinereceptorkanalen in de SR te activeren, een intracellulair afgiftekanaal voor Ca^{2+} . Dit calcium bindt zich aan troponine en activeert de myofilamenten die de spiersamentrekking veroorzaken. De SR Ca^{2+} -ATPase pompt de intracellulaire calcium terug naar het SR, waarna de spier ontspant. Daarnaast blijkt cafeïne fosfodiësterase-enzymen te remmen in-vitro, wat leidt tot verhoging van cAMP. Het is nog niet duidelijk of deze effecten kunnen plaatsvinden bij cafeïneconcentraties na consumptie van een matige dosis cafeïne (Davis, 2009; Jones, 2008).

7 Hoe vermindert cafeïne de pijnperceptie?

Acute beweging wordt gezien als een natuurlijke stimulans die tijdelijk, veilig en betrouwbaar spierpijn oplevert. Er is inderdaad aangetoond dat matige tot intensieve beweging leidt tot een tijdelijke, natuurlijke pijn in de geactiveerde spieren (Motl, 2006; Gliottoni, 2009). Overmatige pijnsensatie kan bij personen leiden tot verminderde prestaties en uiteindelijk minder lichaamsbeweging (Astorino, 2011). Cafeïne wordt verondersteld de pijnbeleving tijdens het bewegen te verminderen door de antagonistische werking op adenosine. Adenosine blijkt bij intraveneuze toediening spierpijn op te wekken (Davis, 2009). Door de adenosine A_{2A} -receptoren op de zenuwuiteinden van de skeletspieren die de pijnsignalering beïnvloeden te blokkeren, kan cafeïne spierpijn verminderen (Davis, 2009; Gliottoni, 2009; Astorino, 2011). Een ander verondersteld mechanisme voor pijnvermindering door cafeïne, is verlaging van de drempel voor de door beweging geïnduceerde afgifte van β -endorfinen. Van β -endorfinen wordt gedacht dat ze de prestaties verbeteren door de pijnperceptie te verlagen en euforie te stimuleren (Goldstein, 2010; Laurent, 2000). Tijdens een dubbelblind placebogecontroleerd onderzoek waarbij proefpersonen anderhalf uur voorafgaand aan een twee uur durende fietsproef cafeïne consumeerden (6 mg per kg lichaamsgewicht), bleek het β -endorfinegehalte in het plasma bijna verdubbeld in de cafeïnegroep. In de placebogroep trad geen verandering op (Laurent, 2000).

Bij een fietsproef bleken zowel mannen als vrouwen na cafeïne-inname (5-10 mg per kg lichaamsgewicht) minder spierpijn in de benen te hebben (Motl, 2006; O'Connor, 2004; Gliottoni, 2008, 2009; Ganio, 2011). Hieruit kan worden afgeleid dat cafeïne bij aerobe beweging de pijnperceptie beïnvloedt. Er zijn minder gegevens beschikbaar voor intensieve anaerobe beweging. Een recent onderzoek heeft gekeken naar het effect van twee doses cafeïne (2 en 5 mg per kg lichaamsgewicht) op de pijnperceptie in de benen en de waargenomen inspanning tijdens intensieve anaerobe beweging. Hoewel cafeïne geen effect bleek te hebben op de pijnperceptie, vielen in de groep van 5 mg per kg lichaamsgewicht diverse metingen van de spierfunctie significant hoger uit.

De auteurs merkten op dat het lastig is om de pijnbeleving tijdens dit type beweging nauwkeurig te melden omdat de focus ligt op volledige spiersamentrekking in plaats van de pijnwaarneming in de benen (Astorino, 2011).

8 Wat is het effect van cafeïne op het substraatmetabolisme?

Een van de oudere hypothesen over de ergogene werking van cafeïne gaat uit van het potentiële effect van cafeïne op het substraatverbruik. Er wordt verondersteld dat cafeïne tijdens het sporten de vetoxidatie stimuleert en het verbruik van koolhydraten remt. Hierdoor wordt spierglycogeen gespaard, met als gevolg een beter uithoudingsvermogen (Goldstein, 2010; Graham, 2008). Cafeïne blijkt vrije vetzuren te mobiliseren door een direct effect van cafeïne op de adenosine A₁-receptoren op de adipocyten (vetcellen) (Graham, 2008). De theorie van glycogeensparend effect werd gestaafd tijdens fietsproeven waarbij een significante verhoging in de vetoxidatie en afname in de glycogenese werden waargenomen na matige tot hoge cafeïne-inname (5 tot 9 mg per kg lichaamsgewicht).

Dit resultaat kon echter in recenter onderzoek niet bevestigd worden. Bovendien bleken uiteenlopende doses cafeïne (3,6 en 9 mg per kg lichaamsgewicht) de prestaties te verhogen, terwijl alleen bij 9 mg per kg lichaamsgewicht een significante toename in vrije vetzuren werd gemeten (Goldstein, 2010a). Ook in een studie waarin spierbiopsen werden geanalyseerd, werden geen aanwijzingen voor een glycogeensparend effect gevonden. (Graham, 2008).

9 Wat is het effect van gelijktijdige inname van cafeïne en koolhydraten op de sportprestaties?

Het is algemeen bekend dat sporters door de consumptie van koolhydraten (KH) tijdens duursporten minder snel vermoeid raken en beter presteren. Een systematische literatuurstudie naar het effect van toevoeging van cafeïne aan een KH-oplossing op het uithoudingsvermogen leidde tot de conclusie dat gelijktij-

dige inname van cafeïne en KH een lichte maar significante verbetering van de prestaties opleverde vergeleken met alleen KH (Conger, 2011). In een onderzoek met een gelabelde [U- 13 C]-glucoseoplossing om de exogene KH-oxidatie te berekenen, leidde toevoeging van cafeïne (5 mg per kg lichaamsgewicht) aan de KH-oplossing tot 26 procent meer exogene KH-oxidatie in de laatste dertig minuten van een twee uur durende inspanningstest. Dit effect zou mogelijk het gevolg zijn van verhoogde KH absorptie in de darmen (Yeo, 2005). Toevoeging van cafeïne (4 mg per kg lichaamsgewicht) aan een KH-oplossing bleek de sprintprestaties, Counter Movement Jump (de sprong begint in een rechtopstaande houding, waarna de atleet inzakt en vervolgens gelijk omhoog springt) en motorische vaardigheden te verhogen en achteruitgang als gevolg van vermoeidheid te vertragen bij een gesimuleerde voetbalwedstrijd (Gant, 2010) en rugbywedstrijd (Roberts, 2010). Bovendien bleek de consumptie van isotone KH-sportdranken met cafeïne (1,6 mg per kg lichaamsgewicht) vóór en tijdens het golfen de putprestaties en alertheid bij ervaren golfers te verbeteren (Stevenson, 2009).

De combinatie van KH en cafeïne is ook onderzocht als methode om de glycogeensynthese na het sporten te verbeteren. Toevoeging van cafeïne (8 mg per kg lichaamsgewicht) aan een KH-sportreep verhoogde de hersynthese van glycogeen met 66 procent na een herstelperiode van vier uur na uitputtende beweging (Pedersen, 2008). Daarentegen werd geen verschil in glycogeensynthese na beweging aangetroffen na gelijktijdige inname van KH en cafeïne (1,7 mg per kg lichaamsgewicht per uur) ten opzichte van een oplossing met alleen KH na een herstelperiode van zes uur (Beelen, 2011). In een ander experiment leidde toevoeging van cafeïne (8 mg per kg lichaamsgewicht) aan een KH-oplossing die na het sporten werd geconsumeerd tot significant betere prestaties bij een piepjestest afgenomen na een herstelperiode van vier uur. Het effect op de glycogeensynthese werd in dit onderzoek niet geanalyseerd (Taylor, 2011).

Samenvatting

- Lage tot matige doses cafeïne (3 tot 6 mg per kg lichaamsgewicht) verhogen de sportieve prestaties. Een hogere dosering leidt niet tot verdere prestatieverhoging.
- Er is uitgebreide literatuur beschikbaar waarin het ergogene effect van cafeïne bij duurprestaties wordt aangetoond.
- De onderzoeken naar de ergogene werking van cafeïne bij kortdurende, intensieve beweging zijn niet eenduidig. Er zijn effecten van cafeïne op kortdurende snelle beweging waargenomen, terwijl het effect op krachtprestaties onduidelijk is.
- Cafeïne kan nuttig zijn voor sporten gekenmerkt door interval activiteit, zoals teamsporten. Verbeteringen in prestaties zijn waargenomen bij interval sprints op de fiets, in fijne motorische vaardigheden, zoals balbeheersing. Bovendien vermindert cafeïne het gevoel van vermoeidheid.
- Het ergogene effect van cafeïne laat zich het beste verklaren door de antagonistische werking van cafeïne op de adenosinereceptoren, met als gevolg veranderde pijnperceptie, verminderde waargenomen inspanning en minder vermoeidheid. Andere hypothesen zijn een direct effect van cafeïne op de neuromusculaire functie, de uitscheiding van β -endorfinen en de substraatstofwisseling.
- Gelijktijdige inname van cafeïne en een koolhydraatoplossing leidt tot een lichte maar significante verbetering van de duurprestaties.

Referenties

- Astorino TA en Robersson DW (2010). Efficacy of acute caffeine ingestion for short-term high-intensity exercise performance: a systematic review. *J Strength Cond Res* 24: 257-65.
- Astorino TA et al (2011). Effect of Caffeine intake on pain perception during high-intensity exercise. *Int J Sports Nutr Exerc Metab* 21: 27-32.
- Backhouse SH et al (2011). Caffeine ingestion, affect and perceived exertion during prolonged cycling. *Appetite* 57: 247-52.
- Beelen M et al (2011). Impact of caffeine and protein on post-exercise muscle glycogen synthesis. *Med Sci Sports Exerc* 44: 692-700.
- Burke L (2008). Caffeine and sports performance. *Appl Physiol Nutr Metab* 33: 1319-1334.
- Conger SA et al (2011). Does caffeine added to carbohydrate provide additional ergogenic benefit for endurance? *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 21: 71-84.
- Davis JK en Matt Green J (2009). Caffeine and Anearobic Performance Ergogenic value and mechanism of action. *Sports Med* 39: 813-832.
- Desbrow B et al (2012). The effects of different doses of caffeine in endurance cycling time trial performance. *J Sports S* 30: 115-20.
- Duncan JM en Oxford SW (2011). The effect of caffeine ingestion on mood state and bench press performance to failure. *J Strength Cond Res* 25: 178-185.
- Duncan MJ et al (2012). The effect of caffeine ingestion on field hockey skill performance following fatigue. *Res Sports Med* 20: 25-36.
- Duvnjak DM et al (2011). Effect of caffeine on reactive agility time when fresh and fatigued. *Med Sci Sports Exerc* 43: 1523-1530.
- EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA) (2011). Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to caffeine and increase in physical performance during short-term high-intensity exercise (ID 737, 1486, 1489), increase in endurance performance (ID 737, 1486), increase in endurance capacity (ID 1488) and reduction in the rated perceived exertion/effort during exercise (ID 1488, 1490) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal*;9(4):2053 [24 pp.].doi:10.2903/j.efsa.2011.2053.
- Foskett A et al (2009). Caffeine enhances cognitive function and skill performance during simulated soccer activity. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 19: 410-423.
- Ganio MS et al (2009). Effect of caffeine on sport-specific endurance performance: a systematic review. *J Strength Cond Res* 23: 315-324.
- Ganio MS et al (2011). Caffeine lowers muscle pain during exercise in hot but not in cool environments. *Physiol Behav* 102: 429-35.
- Gant N et al (2010) The Influence of Caffeine and Carbohydrate Coingestion on Simulated Soccer Performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 20: 191-197.
- Gliotoni RC et al (2009). Effect of Caffeine on Quadricep Pain During Acute Cycling Exercises in Low Versus High Caffeine Consumers. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 19: 150-161.

- Goldstein ER et al (2010a). International society of sports nutrition position stand: caffeine and performance. *J Int Soc Sports Nutr* 7: 5. <http://www.jissn.com/content/7/1/5>.
- Goldstein ER et al (2010b). Caffeine enhances upper body strength in resistance-trained women. *J Int Soc Sports Nutr* 7: 18. <http://www.jissn.com/content/7/1/518>.
- Graham TE (2001). Caffeine and Exercise Metabolisms, Endurance and Performance. *Sports Med* 31: 785-807.
- Graham TE et al (2008). Does caffeine alter muscle carbohydrate and metabolism during exercise? *Appl Physiol Nutr Metab* 33:1311-1318.
- Hogervorst E et al (2008). Caffeine improves physical and cognitive performance during exhaustive exercise. *Med Sci Sports Exerc* 40: 1841-1851.
- Jones G (2008). Caffeine and other sympathomimetic stimulants: modes of action and effects on sports performance. *Essays Biochem* 44: 109-123.
- Laurent D et al (2000). Effects of caffeine on muscle glycogen utilization and neuroendocrine axis during exercise. *J Clin Endocrinol Metab* 85: 2170-2175.
- Lee CL et al (2011). Caffeine's effect on intermittent sprint cycling performance with different rest intervals. *Eur J Appl Physiol* Sep 30. [Epub ahead of print].
- Mohr M et al (2011). Caffeine intake improves intense intermittent exercise performance and reduces muscle interstitial potassium accumulation. *J Appl Physiol* 11:1372-1379.
- Motl RW et al (2006). Effect of caffeine on leg muscle pain during cycling exercise among females. *Med Sci Sport Exerc* 38: 598-604.
- 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.
- O'Rourke MP (2008). Caffeine has a small effect on 5-km running performance of well-trained and recreational runners. *J Sci Med Sport* 11: 231-233.
- Pederson DJ et al (2008). High rates of muscle glycogen resynthesis after exhaustive exercise when carbohydrate is coingested with caffeine. *J Appl Physiol* 105: 7-13.
- Roberts SP et al (2010). Effects of carbohydrate and caffeine ingestion on performance during rugby union simulation protocol. *J Sports Sci* 28: 833-842.
- Sökmen B et al (2008). Caffeine use in sports: considerations for the athlete. *J Strength Cond Res* 22: 978-986.
- Stevenson EJ et al (2009). The effect of a carbohydrate-caffeine sports drink on simulated golf performance. *Appl Physiol Nutr Metab* 34: 681-688.
- Taylor C et al (2011). The effect of adding caffeine to post exercise carbohydrate feeding on subsequent high-intensity interval-running capacity compared with carbohydrate alone. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 21: 410-416.
- Yeo SE et al (2005). Caffeine increases exogenous carbohydrate oxidation during exercise. *J Appl Physiol* 99: 844-850.



2 Fysiologische effecten van koffie

1 Wat is het effect van koffieconsumptie op de vochtbalans?

Koffie is een van de meest geconsumeerde dranken ter wereld en levert een grote bijdrage aan de dagelijkse vochtinname. De gemiddelde dagelijkse consumptie van vier kopjes koffie (125 ml per kopje) levert circa 33 procent van de aanbevolen 1,5 liter vocht per dag voor volwassenen (Jéquier, 2010). Echter, er wordt vaak gedacht dat cafeïnehoudende dranken, zoals koffie, een negatief effect hebben op de vochtbalans. Bij onderzoeken met cafeïnetabletten (minimaal 250 mg tot 300 mg) is een licht diuretische werking op de korte termijn waargenomen bij personen die gedurende enkele dagen of weken geen cafeïne hadden gedronken. Uit deze onderzoeken kan niet geconcludeerd worden dat cafeïne dehydratatie veroorzaakt omdat de acute verhoging van het urinevolume bij hoge cafeïne-inname (> 300mg) mogelijk op een later tijdstip wordt gecompenseerd door verminderde urine-output (Ganio, 2007). Bovendien neemt het diuretische effect af bij habituele thee- of koffiedrinkers omdat men deels tolerantie ontwikkelt voor een aantal effecten van cafeïne. (Maughan, 2003). Omdat de meeste mensen regelmatig koffiedrinken, dient het effect van cafeïne over meerdere dagen te worden onderzocht. Armstrong et al (2005) hebben gedurende elf dagen gekeken naar de effecten van drie verschillende doseringen van gecontroleerde cafeïneconsumptie op de vochtelektrolytenbalans en nierfunctie. In de eerste zes dagen consumeerden alle proefpersonen 3 mg cafeïne per kg lichaamsgewicht per dag. In de vijf dagen daarna consumeerden ze dagelijks 0 mg, 3 mg of 6 mg cafeïne per kg lichaamsgewicht. Het urinevolume en andere markers van de vochtbalans werden gedurende deze elf dagen niet beïnvloed door de verschillende doses cafeïne. In een gerandomiseerd gecontroleerd cross-over onderzoek werd gekeken naar de effecten van cafeïnehoudende dranken (cola en koffie) ten opzichte van cafeïnevrije dranken (water en citrusfrisdrank) op de vochtbalans. De gemiddelde cafeïne-inname gedurende 24 uur liep uiteen van 1,4 tot 3,13 mg per kg lichaamsgewicht. Er werden bij

de vier verschillende proeven geen significante verschillen waargenomen in lichaamsgewicht of in verschillende markers voor hydratatie in urine en het bloed (Grandjean, 2000). Recentere literatuurstudies bevestigen dat cafeïneconsumptie tot 400-500 mg per dag (gemiddeld vijf standaard kopjes koffie) niet tot dehydratatie leidt (Ruxton, 2008; Popkin, 2006; Ganio, 2007). Op basis van de beschikbare literatuur kan worden vastgesteld dat matige koffieconsumptie bijdraagt aan de dagelijkse vochtbehoefte van het lichaam.

2 Wat is het effect van cafeïne op de hydratatie tijdens lichaamsbeweging?

Een goede hydratatie is belangrijk voor de sportprestaties en speelt mogelijk een rol bij de preventie van zogeheten hitteziekte. Bij een literatuuronderzoek over de vochtbalans en sportprestaties is geconcludeerd dat hoge cafeïne-inname (tot 8,7 mg per kg lichaamsgewicht) één tot twee uur voorafgaand aan een half uur tot drie uur sporten op 60 tot 85 procent VO₂max, de urine-output en vochtbalans niet beïnvloedt (Maughan, 2003; Ganio, 2007). Dezelfde hoge dosering cafeïne bij proefpersonen in rust, die gedurende minimaal vier voorafgaande dagen geen cafeïne geconsumeerd hadden, bleek drie uur na inname wel te leiden tot verhoogde urine-output. Een stijging in catecholamines en een daling in de nierdoorbloeding werden aangevoerd als mogelijke oorzaken voor de afwezigheid van de diuretische werking van cafeïne tijdens het sporten. In de afgelopen tien jaar zijn diverse overzichtsartikelen gepubliceerd van onderzoeken naar het effect van cafeïne op de vochtbalans, elektrolytenbalans en warmteregulatie tijdens het sporten in gematigde of warme omgevingen. De unanieme conclusie luidt dat niets wijst op enig significant negatief effect van cafeïne op transpiratie of op de vochtbalans tijdens lichaamsbeweging, of een negatief effect op de sportprestaties, temperatuurregeling en cardiovasculaire systeem in warme omgevingen (Armstrong, 2002, 2007; Maughan, 2003; Ganio, 2007; Goldstein, 2010). Ook voor sporters geldt dat een matige koffieconsumptie gewoon meetelt om de vochtbalans op pijl te houden.

3 Heeft koffieconsumptie effect op de gewrichten?

Het enige effect van koffie op de gewrichten, voor zover bekend, heeft betrekking op de ontstekingsremmende eigenschappen van koffie. Koffieconsumptie wordt in verband gebracht met een verlaagd risico op jicht, de meest voorkomende ontstekingsziekte in de gewrichten bij mannen en de meest voorkomende vorm van artritis bij vrouwen. Jicht wordt veroorzaakt door ophoping van mononatrium uraatkristallen in de gewrichten en andere weefsels (Doherty, 2009). Hyperurikemie (een overmaat aan urinezuur in het bloed) is een voor-speller van jicht en wordt in verband gebracht met een verhoogde kans op hart- en vaatziekten, beroerten en metabool syndroom (Pham, 2010).

Uit grootschalig onderzoek op basis van de Third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III) bleek een verband tussen koffieconsumptie en een lager urinezuurgehalte in het serum en een lagere frequentie van hyperurikemie. Aangezien dit verband bij theeconsumptie ontbrak, lijkt het omgekeerde verband met koffie het gevolg van andere koffiebestanddelen dan cafeïne (Choi, 2007a). Deze resultaten zijn bevestigd door een grootschalig Japans onderzoek onder 11.662 mannen en vrouwen (Pham, 2010). Bovendien is uit twee grote epidemiologische onderzoeken onder mannen (The Health Professional Follow-up Study) en vrouwen (The Nurses' Health Study) een omgekeerd verband gebleken tussen koffieconsumptie en het risico op jicht (Choi, 2007b, 2010). Ook nu werd verondersteld dat er andere bestanddelen dan cafeïne verantwoordelijk zijn voor het effect, aangezien het omgekeerde verband ook bij cafeïnevrije koffie werd aangetroffen.

4 Wat zijn de effecten van koffieconsumptie op de botmineraaldichtheid?

De dichtheid van botmineralen wordt vooral gemeten om osteoporose en de kans op breuken vast te stellen. De onderzoeken zijn daarom vaak gericht op mensen ouder dan vijftig jaar. Van veel erfelijke en leefstijlfactoren is bekend dat

ze de botmineraaldichtheid beïnvloeden. En om problemen te voorkomen is het belangrijk om bepaalde leefstijlgerelateerde risicofactoren te onderkennen. Uit de meeste onderzoeken onder ouderen komt roken als belangrijke risicofactor voor een lage botmineraaldichtheid en osteoporose naar voren, evenals overmatig alcoholgebruik, lage inname van calcium en vitamine D vanuit de voeding en te weinig lichaamsbeweging (Demirbag, 2006; Tamaki, 2010; Body, 2011). Cafeïne-inname wordt in verband gebracht met een toename van het calcium-verlies via de urine, welke bij jongeren kan worden gecompenseerd door een verhoogde calciumabsorptie. Bij ouderen lijkt het absorptiemechanisme zich minder goed te kunnen aanpassen (Massey, 2001). De inname van voldoende calcium via de voeding lijkt het negatieve effect van hoge cafeïneconsumptie tegen te gaan. Dit komt overeen met de conclusie dat er geen verband bestaat tussen matige cafeïne-inname en verhoogde botafname (Demirbag, 2006; Massey, 2001). Uit de meeste onderzoeken blijkt geen verband tussen cafeïneconsumptie en botmineraaldichtheid, ofschoon er wel een relatie met individuele genotypen verondersteld wordt. Cafeïne-inname van 300 mg per dag is in verband gebracht met verhoogde botafname onder oudere vrouwen (leeftijd tussen 65-77 jaar) met het vitamine D-receptor TT-genotype (prevalentie van dit genotype < 17 procent) (Rapuri, 2001). In een ander onderzoek werd hoge koffieconsumptie (meer dan vier kopjes per dag) in verband gebracht met een lichte afname van de botmineraaldichtheid bij oudere mannen (72 jaar) met een snelle cafeïnestofwisseling (CYP1A2-genotype). Dit effect werd niet waargenomen bij vrouwen (Hallström, 2010). Het effect van voedingspatronen op de botmineraaldichtheid is onderzocht onder Australische vrouwen in de leeftijd van 18 tot 65 jaar. Het voedingspatroon dat zich kenmerkte door een hoge consumptie van geraffineerde granen, frisdranken, gefrituurde aardappels, worst en vleeswaren, plantaardige oliën, bier, afhaalmaaltijden en een lage consumptie van sojaproducten, groenten, koffie en thee, fruit en volkorenproducten (kortom: Westerse voeding) bleek invers gerelateerd met het totale mineralengehalte in het lichaam. Daarentegen werd het Mediterrane voedingspatroon bestaande uit een hoge consumptie van peulvruchten, zeevruchten, zaden, noten, wijn, rijst en groenten positief in verband gebracht met de botmineraaldichtheid en

het totale mineralengehalte in het lichaam (McNaughton, 2011). Bij een Nederlands onderzoek is gekeken naar het effect van gezondheidsgerelateerd gedrag in de kinderjaren en volwassenheid en de incidentie van heupfracturen na dertien jaar. Hoewel er een verband bleek tussen zeer overmatige alcoholconsumptie, roken en onvoldoende beweging en heupfracturen in het latere leven, werd geen verband aangetoond met koffieconsumptie (Lenthe, 2011).

5 Wat is het effect van koffieconsumptie op de ijzerabsorptie?

De ijzerstofwisseling verloopt anders dan de stofwisseling van andere mineralen. Er is geen fysiologisch mechanisme voor de uitscheiding van ijzer en bijna negentig procent van de dagelijkse ijzerbehoefte wordt verkregen vanuit een endogene bron, namelijk de afbraak van rode bloedcellen. Ijzer vanuit de voeding is nodig ter compensatie van de onvermijdelijke verliezen (huid, darmen, urinewegen en luchtwegen), menstrueel bloedverlies bij vrouwen, voor de groei van zuigelingen, kinderen en adolescenten en tijdens de zwangerschap (Hurrell, 2010). Ijzer komt in twee vormen voor in de voeding: als non-heemijzer, dat vooral voorkomt in plantaardige producten en de grootste bron van ijzer in de voeding vormt, en als heemijzer, dat beschikbaar is als hemoglobine en myoglobine in dierlijke producten. De opname van non-heemijzer is afhankelijk van het evenwicht tussen de absorptieremmers en -verhogers en de ijzerstatus van personen. Voorbeelden van remmers van non-heemijzer zijn calcium, fytaten (in granen), polyfenolen (in thee, cacao en koffie) en melkeiwitten, terwijl ascorbinezuur (vitamine C) en spiereiwitten (vlees, gevogelte en vis) de opname van non-heemijzer verhogen. Eerder onderzoek heeft aangetoond dat kruidenthee, zwarte thee, koffie en cacao de opname van non-heemijzer kunnen remmen indien ze tijdens de maaltijd geconsumeerd worden, maar niet indien ze een uur vóór of na de maaltijd worden geconsumeerd. De remmende werking van koffie op de absorptie van non-heemijzer kan worden opgeheven door de consumptie van 50 mg ascorbinezuur (circa een halve sinaasappel) tijdens de maaltijd (Siegenberg, 1991; Hurrell, 2010). Heemijzer wordt via een ander mechanisme

uit de voeding opgenomen. Hoewel heemijzer een kleiner deel van het ijzer in de voeding vertegenwoordigt dan non-heemijzer wordt het twee tot drie keer beter opgenomen en minder beïnvloed door andere voedselbestanddelen, zoals ijzerabsorptieremmers (ILSI, 2001).

6 Wat is het effect van koffieconsumptie op cardiovasculaire parameters?

Algemeen

Er is geen verband aangetroffen tussen regelmatige koffieconsumptie en een verhoogd risico op hart- en vaatziekten onder gezonde mensen en personen met een eerdere cardiovasculaire aandoening (Lopez-Garcia, 2009, 2011). Integendeel, uit de onderzoeksresultaten blijkt dat regelmatige koffiedrinkers een licht verlaagd risico hebben op hart- en vaatziekten over het algemeen en be-roerten in het bijzonder. De inverse relatie met beroerten is onlangs bevestigd in een grootschalige meta-analyse van elf prospectieve onderzoeken met 479.689 personen en 10.003 gevallen van beroerte (Larsson, 2011). In casus rapporten wordt een cafeïneoverdosering in verband gebracht met aritmieën of hartritme-stoornissen. Een recente studie naar de beschikbare onderzoeken naar het effect van cafeïne op aritmie, concludeert dat bij de meeste patiënten die last hebben van aritmieën of waarbij dit wordt vermoed, cafeïne in een gematigde dosis goed wordt verdragen en dat er geen reden is om de cafeïneconsumptie te beperken (Pelchovitz, 2011). Desondanks kan cafeïne beter worden vermeden door patiënten die aangeven gevoelig voor cafeïne te zijn. In een groot bevol-kingsonderzoek, gepubliceerd na het overzichtsartikel, onder 130.054 personen werd de consumptie van vier of meer kopjes koffie per dag geassocieerd met een 20% lager risico op aritmieën (Klatsky, 2011). Hoewel uit dit type studie geen causaliteit afgeleid kan worden en een beschermend effect dus niet be-wezen is, concluderen de auteurs dat het hoogst onwaarschijnlijk is dat matige cafeïne-inname het risico op aritmieën verhoogt. Het verband tussen bloeddruk en koffie- en cafeïneconsumptie is uitgebreid onderzocht. Zowel koffie- als cafe-

ineconsumptie leidt tot een lichte, kortdurende verhoging van de systolische en diastolische bloeddruk. Het effect van koffie is echter veel kleiner dan van pure cafeïne (Mesas, 2011; Noordzij, 2005). Daarnaast heeft onderzoek aangetoond dat regelmatige koffieconsumptie het risico op hypertensie onder gezonde populaties niet verhoogt en de bloeddruk op de langere termijn niet verhoogt onder personen die last hebben van hypertensie (Mesas, 2011). Andere koffiestanddelen, zoals chlorogeenzuren, magnesium, kalium en trigonelline, worden verondersteld de glucosestofwisseling en endotheelfunctie te verbeteren en ontstekingen te verminderen en worden verantwoordelijk gehouden voor de gunstige effecten van koffie op de gezondheid op de lange termijn (Mesas, 2011).

Tijdens lichaamsbeweging

Bij diverse onderzoeken naar de effecten van cafeïnesupplementatie op de sportprestaties zijn ook de hartslag en de bloeddruk gemeten. Uit de meeste onderzoeken bleek geen effect van cafeïne (2 tot 10 mg per kg lichaamsgewicht) ten opzichte van een placebo op de hartslag of bloeddruk tijdens inspanning, uiteenlopend van een half uur tot anderhalf uur, onder mannen en vrouwen, gewend aan lage of hoge cafeïneconsumptie. (Hogervorst, 2008; Motl, 2006; Gliottoni, 2008, 2009; Fosskett, 2009). Uit één onderzoek bleek dat de gemiddelde hartslag bij meervoudige sprintprestaties significant hoger was in de cafeïnegroep (174 ± 10 slagen per minuut) dan in de placebogroep (170 ± 10 slagen per minuut). De waarden verschilden echter niet aanzienlijk ten opzichte van de uitgangswaarde (174 ± 10 slagen per minuut) (Glaister, 2008). Bij een ander onderzoek bleek een stijging in de systolische bloeddruk van 4 mm Hg na supplementatie van 5 tot 10 mg cafeïne per kg lichaamsgewicht in rust in vergelijking tot placebo. Dit verschil in effect op de bloeddruk verdween echter tijdens een fietsproef (O'Connor, 2004).



Samenvatting

- Matige koffieconsumptie (gelijk aan 500 mg cafeïne, gemiddeld vijf kopjes koffie) draagt bij aan de dagelijkse vochtbehoefte van het lichaam.
- Er zijn geen aanwijzingen voor significante nadelige gevolgen van cafeïne op mate van transpiratie en de vochtbalans tijdens het sporten, of nadelige gevolgen voor de sportprestaties, de temperatuurregeling en het cardiovasculaire systeem, indien de inspanning in een warme omgeving.
- Het effect van koffieconsumptie op de gewrichten is een verlaagd risico op jicht dankzij de ontstekingsremmende eigenschappen van koffie.
- Er is geen verband tussen matige cafeïneconsumptie en verhoogde botafname.
- Koffieconsumptie kan deels de opname van non-heemijzer remmen wanneer het tijdens een maaltijd wordt genuttigd. Dit effect kan worden opgeheven door gelijktijdige inname van 50 mg vitamine C. Koffie die een uur vóór of na de maaltijd wordt genuttigd, heeft geen invloed op de ijzeropname. Heemijzer wordt beter opgenomen en wordt minder beïnvloed door andere voedselbestanddelen.
- Er is geen relatie aangetoond tussen regelmatige koffieconsumptie en een verhoogd risico op hart- en vaatziekten, beroerte, hoge bloeddruk of aritmieën bij gezonde mensen.
- Uit de meeste onderzoeken blijkt geen significant effect van cafeïne op de hartslag of de bloeddruk tijdens het sporten, variërend van een half uur tot anderhalf uur, bij zowel vrouwen als mannen en kleine en grote habituele cafeïneconsumenten.

Referenties

- Armstrong LE (2002). Caffeine, body fluid-electrolyte balance and exercise performance. *Int J Sports Nutr Exerc Metab* 12: 189-206.
- Armstrong LE et al (2005). Fluid, electrolyte, and renal indices of hydration during 11 days of controlled caffeine consumption. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 15: 252-265.
- Armstrong LR et al (2007). Caffeine, fluid-electrolyte balance, temperature regulation and exercise-heat tolerance. *Exerc Sport Sci Rev* 35: 135-140.
- Body JJ et al (2011). Non-pharmacological management of osteoporosis: a consensus of the Belgian Bone Club. *Osteoporos Int* 22: 2769-2788.
- Choi HK en Curhan G (2007a). Coffee, tea and caffeine consumption and serum uric acid level: the third national health and nutrition examination survey. *Arthritis Rheum* 57: 816-821.
- Choi HK et al (2007b). Coffee consumption and risk of incident gout in men. *Arthritis Rheum* 56: 2049-2055.
- Choi HK en Curhan G (2010). Coffee consumption and risk of incident gout in women: the Nurses'Health Study. *Am J Clin Nutr* 92: 922-927.
- Demirbag D et al (2006). Effects of coffee consumption and smoking habit on bone mineral density. *Rheumatol Int* 26: 530-535.
- Doherty M (2009). New insights into the epidemiology of gout. *Rheumatology* 48: ii2-ii8.
- Foskett A et al (2009). Caffeine enhances cognitive function and skill performance during simulated soccer activity. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 19: 410-423.
- Fredholm B et al (1999). Actions of caffeine in the brain with special reference to factors that contribute to its widespread use. *Pharmacology Rev* 51(1): 83-133.
- Ganio MS et al (2007). Evidence -based approach to lingering hydration questions. *Clin Sports Med* 26: 1-16.
- Glaister M et al (2008). Caffeine supplementation and multiple sprint running performance. *Med Sci Sports Exerc* 40: 1835-1840.
- Gliottoni RC en Motl RW (2008). Effect of caffeine on leg-muscle pain during intense cycling exercise: possible role of anxiety sensitivity. *Intern J Sport Nutrition Exercise Metabolism* 18: 103-115.
- Gliottoni R.C. et al. (2009). Effect of Caffeine on Quadriceps Pain During Acute Cycling Exercises in Low Versus High Caffeine Consumers. *Intern J Sport Nutrition Exercise Metabolism* 19: 150-161.
- Goldstein ER et al (2010). International society of sports nutrition position stand: caffeine and performance. *J Int Soc Sports Nutr.* 7: 5. <http://www.jissn.com/content/7/1/5>.
- Grandjean AC et al (2000). The effect of caffeinated, non-caffeinated, caloric and non-caloric beverages on hydration. *J Am Coll Nutr* 19: 591-600.
- Hallström H et al (2010). Coffee consumption and CYP1A2 genotype in relation to bone mineral density of the proximal femur in elderly men and women: a cohort study. *Nutr Metab* 7:12 <http://www.nutritionandmetabolism.com/content/7/1/12>.
- Hogervorst E et al (2008). Caffeine improves physical and cognitive performance during exhaustive exercise. *Med Sci Sports Exerc* 40: 1841-1851.
- Hurrell R en Egli I (2010). Iron bioavailability and dietary reference values. *Am J Clin Nutr* 91: 1461S-1467S.
- International Life Science Institute (ILSI) (2001) Present knowledge in nutrition. Eight edition. Bowman BA and Russell RM ed. ILSI Press Washington DC.
- Jéquier E en Constant F (2010). Water as an essential nutrient: the physiological basis of hydration. *Eur J Clin Nutr* 64: 115-123.

- Klatsky AL et al (2011). Coffee, caffeine, and risk of hospitalization for arrhythmias. *Perm J* 15: 19-25.
- Larsson SC en Orsini N (2011). Coffee Consumption and Risk of Stroke: A Dose-Response Meta-Analysis of Prospective Studies. *Am J Epidem* 174: 993-1001.
- Lenthe FJ van et al (2011). Childhood and adulthood socioeconomic position and the hospital-based incidence of hip fractures after 13 years of follow-up: the role of health behaviours. *J Epidemiol Community Health* 1: 980-985.
- Lopez-Garcia E et al (2009). Coffee consumption and the risk of stroke in women. *Circulation* 119: 1116-1123.
- Lopez-Garcia E et al (2011). Coffee consumption and mortality in women with cardiovascular disease. *Am J Clin Nutr* 94: 218-24.
- Massey KL (2001). Is caffeine a risk factor for bone loss in elderly? *Am J Clin Nutr* 74:569.
- Maughan RJ en Griffin J (2003) Caffeine ingestion and fluid balance: a review. *J Hum Nutr Dietet* 16: 411-420.
- McNaughton SA et al (2011). An energy-dense, nutrient-poor dietary pattern is inversely associated with bone health in women. *J Nutr* 141: 1516-1523.
- Mesas et al (2011). The effect on blood pressure and cardiovascular disease in hypertensive individuals. *Am J Clin Nutr* 94: 1113-1126.
- Motl RW et al (2006). Effect of caffeine on leg muscle pain during cycling exercise among females. *Med Sci Sports Exerc* 38: 598-604.
- Noordzij M et al (2005). Blood pressure response to chronic intake of coffee and caffeine: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Hypertension* 23: 921-928.
- 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.
- Pham NM et al (2010). The relation of coffee consumption to serum uric acid in Japanese men and women aged 49-76 years. *J Nutr Metab*, Published online 2010 July 27. doi: 10.1155/2010/930757.
- Popkin BM et al (2006). A new proposed guidance system for beverage consumption in the United States. *Am J Clin Nutr* 83: 529-542.
- Rapuri PB et al (2001). Caffeine intake increases the rate of bone loss in elderly women and interacts with vitamin D receptor genotypes. *Am J Clin Nutr* 74: 694-700.
- Ruxton CHS (2008). The impact of caffeine on mood, cognitive function, performance and hydration: a review of benefits and risks. *Nutr Bulletin* 33: 15-25.
- Siegenberg D et al (1991). Ascorbic acid prevents the dose-dependent inhibitory effects of polyphenols and phytates on nonheme-iron absorption. *Am J Clin Nutr* 53: 537-541.
- Tamaki J et al (2010). Smoking among premenopausal women is associated with increased risk of low bone status: the JPOS Study. *J Bone Miner Metab* 28: 320-327.



3 Overwegingen voor sporters

1 Welke dosis, timing en vorm van cafeïne zijn optimaal voor de sportprestaties?

Dosis

De Europese voedselveiligheidsautoriteit (EFSA) heeft onlangs verklaard dat er sprake is van een oorzaak- en gevolgrelatie tussen cafeïneconsumptie en duurstretaties en duurstcapaciteit bij doses van 3 mg per kg lichaamsgewicht, en tussen cafeïne en verminderde waargenomen inspanning bij doses van 4 mg per kg lichaamsgewicht (EFSA, 2011). Uit de meeste onderzoeken blijkt dan ook dat cafeïne de sportprestaties, zoals duurst-, team- en sprintsporten, verhoogt indien het in lage tot matige hoeveelheden wordt geconsumeerd (3 tot 6 mg per kg lichaamsgewicht). Er is geen bewijs voor een groter ergogeen effect bij een consumptie van meer dan 9 mg cafeïne per kg lichaamsgewicht (Sökman, 2008; Goldstein, 2010). Afhankelijk van de kwaliteiten en voorkeuren van de betreffende persoon zal de optimale dosis waarschijnlijk eerder in de richting van de 3 dan van de 6 mg per kg lichaamsgewicht liggen.

Timing

Na het drinken van een kopje koffie of de inname van een cafeïnecapsule wordt cafeïne snel en efficiënt opgenomen vanuit het maag-darmkanaal. Na 15 tot 120 minuten wordt er een piekplasmaconcentratie bereikt. Cafeïne wordt eenvoudig in het lichaam verspreid en de halfwaardetijd van cafeïne bedraagt tussen 2,5 en 4,5 uur maar kan sterk uiteenlopen door endogene en exogene factoren als fysiologie, erfelijkheid en leefstijl (Nehlig, 1992; Fredholm, 1999). Over het algemeen wordt aangegeven dat cafeïne minstens één uur voor het sporten moet worden ingenomen om effectief te zijn. Bij langdurige fysieke inspanning geniet de inname van een matige dosis cafeïne één uur vooraf, gevolgd door herhaalde kleine doses tijdens het sporten de voorkeur boven één grote enkele dosis (Graham, 2001). Een ander voordeel van meerdere consumpties gedurende de dag

is de verbetering in reactietijd en alertheid, wat bevorderlijk is bij talrijke sporten die concentratie en vaardigheid vereisen, zoals tennis (Sökman, 2008).



Vorm

Bij veel onderzoeken naar de ergogene effecten van cafeïne wordt cafeïne in een capsule toegediend vanwege de eenvoudige inname en gecontroleerde dosis (versus placebocapsules). Bij één onderzoek werd het effect van cafeïnecapsules vergeleken met koffie en bleken capsules effectiever. Verondersteld werd dat een bestanddeel van koffie het effect van cafeïne deels tenietdoet (Graham, 1998). Dit komt niet overeen met resultaten van een onderzoek door McLellan, die gekeken heeft naar het effect van koffiedrinken voorafgaand aan cafeïne-inname. De koffieconsumptie had geen invloed op de ergogene effecten van cafeïne (McLellan, 2004). Het is aannemelijk te veronderstellen dat gebruikelijke koffieconsumptie mogelijk dezelfde gunstige werking heeft als de inname van cafeïnecapsules. Wel kan de hoeveelheid cafeïne in koffie variëren tussen verschillende soorten koffie en zetmethodes. In Nederland bevat een kopje filterkoffie (125 ml) gemiddeld 85 mg cafeïne.

Cafeïnegehalte in verschillende producten

Product	Gemiddeld cafeïnegehalte (in mg)
Koffie (125 ml = 1 kopje)	
- Filter	85
- Pads	85
- Instant	60
- Cafeïnevrij	3
- Espresso (50 ml)	65
Thee (125 ml = 1 kopje)	
- Theezakje of theeblaadjes	30
- IJsthee (180 ml = 1 glas)	16
Cola (180 ml = 1 glas)	18
Energiedranken (250 ml = 1 blikje)	80
Chocolademelk (180 ml = 1 glas)	4
Melkchocolade (30 g = 1 reep)	6
Pure chocolade (30 g = 1 reep)	14

Bron: Kenniscentrum Koffie en Gezondheid

2 Zijn er bijwerkingen te verwachten van koffieconsumptie of cafeïneinname?

Vele studies tonen aan dat lage tot matige doses cafeïne (tot 6 mg per kg lichaamsgewicht, ofwel vier tot vijf kopjes koffie) de fysieke en cognitieve prestaties verhogen, terwijl acute inname van hoge doses cafeïne (doorgaans meer dan 9 mg per kg lichaamsgewicht) kan leiden tot duizeligheid, hoofdpijn, een onrustig gevoel, nervositeit, misselijkheid en slapeloosheid. Individuele verschillen in de gevoeligheid voor cafeïne spelen zeer waarschijnlijk een grote rol bij de mentale en fysieke reactie op cafeïne (Smith, 2004; Sökman, 2008). Bovendien is cafeïne een stof die doorgaans als 'zelfregulerend' wordt beschouwd, wat inhoudt dat de meeste mensen weten wanneer ze genoeg koffie hebben gedronken en stoppen met consumeren voordat er ongewenste effecten optreden (Tieges, 2007). Op basis van talloze wetenschappelijke studies bestaat er een algemene consensus dat de optimale dosis (tot 6 mg per kg lichaamsgewicht ofwel vijf kopjes koffie) geen nadelige gezondheidseffecten heeft voor volwassenen. Vrouwen die zwanger zijn, borstvoeding geven of zwanger willen worden, wordt geadviseerd hun cafeïneconsumptie (vanuit alle bronnen) te beperken tot 200-300 mg per dag (circa twee tot drie kopjes koffie). Voor kinderen geldt het advies de cafeïneconsumptie te beperken tot 2,5 mg cafeïne per kg lichaamsgewicht per dag (Nawrot, 2003; Higdon, 2006; Fredholm, 1999).

Er wordt wel gezegd dat (hoge) cafeïneconsumptie kan leiden tot maag-darmklachten. Uit de beschikbare wetenschappelijke onderzoeken is geen verband gebleken tussen koffieconsumptie en maagklachten of dyspepsie (Boekema, 2001; Haug, 1995; Nandurkar, 1998; Moayyedi, 2000). Er zijn geen argumenten om mensen met dyspepsieklachten te adviseren geen koffie te drinken, behalve persoonlijke voorkeur. Lees voor meer informatie over koffie en het maag-darmkanaal de brochure Koffie, maag, darm en lever, 2009 (www.koffieengezondheid.nl).

3 Leidt stoppen met alle cafeïneconsumptie in de dagen vóór een wedstrijd tot verhoogde ergogene effecten tijdens de wedstrijd?

Uit de meeste onderzoeken is geen significant verschil gebleken in de prestatieverhogende effecten van cafeïne tussen mensen die wel of niet dagelijks cafeïne consumeren (Graham, 2001; Davis, 2009). Het effect van cafeïneonthouding voorafgaand aan wedstrijden lijkt dus minimaal. Daarentegen nemen door cafeïneonthouding de lichamelijke prestaties af, wat mogelijk invloed heeft op de trainingssessies vóór de wedstrijd (Sökman, 2008). Indien een sporter wil ontdekken of onthouding zinvol is, kan hij/zij overwegen een lagere dosis cafeïne te blijven consumeren.

Sporters die in hun dagelijkse voeding geen cafeïnehoudende producten consumeren en het gebruik ervan als ergogeen middel overwegen, zullen niet gewend zijn aan de cognitieve en fysiologische effecten van cafeïne. Hoewel lage tot matige doses doorgaans een positief effect hebben, wordt geadviseerd om dit eerst uit te proberen alvorens cafeïneconsumptie voor trainingen of wedstrijden in te voeren (Sökman, 2008).

4 Wie is gebaat bij cafeïne: topsporters, getrainde sporters of recreatieve sporters?

Bij wedstrijdssporten op topniveau komt het verschil tussen winnen en verliezen vaak neer op decimale punten. Kleine maar waardevolle veranderingen in de prestaties als gevolg van cafeïneconsumptie kunnen met name voor topsporters relevant zijn. Bij teamsporten bestaat de bevorderlijke werking van cafeïne niet uit verbetering van het uithoudingsvermogen als zodanig, maar eerder het vermogen om achteruitgang in prestaties door vermoeidheid te verminderen wat betreft vaardigheden, concentratie en cognitieve prestaties. Tijdens voetbalwedstrijden worden de meeste doelpunten bijvoorbeeld in de laatste wedstrijdssfasen gescoord, wanneer de tegenstander mogelijk last krijgt van vermoeidheidsge-

relateerde achteruitgang van concentratie, besluitvorming en balvaardigheid (Foskett, 2009).

Sporters hebben niet alleen tijdens wedstrijden maar ook tijdens trainingssessies baat bij een verbeterd uithoudingsvermogen door gemiddelde (3-4 kopjes per dag) hoeveelheden koffie of cafeïne te consumeren. Cafeïne kan indirect de prestaties verhogen doordat de sporter beter in staat is fysieke en mentale onderdelen van de training vol te houden en dus om harder te trainen (Burke, 2008).

De voordelen van het ergogene effect van koffie gelden echter niet alleen voor professionele sporters. Steeds meer mensen onderkennen het belang van voldoende lichaamsbeweging voor een goede gezondheid. Toch doen de meeste volwassenen niet regelmatig aan lichaamsbeweging. Een gemiddelde koffieconsumptie kan fysieke en mentale stimulans geven om te gaan bewegen. Wanneer iemand een stevige wandeling of fietstocht maakt, voetbalt met de kinderen of zijn/haar favoriete sport uitoefent, kan cafeïne het uithoudingsvermogen verbeteren, vermoeidheid wegnemen en het gevoel van euforie en energie verhogen. Ook bij ouderen bleek cafeïne het uithoudingsvermogen te verhogen, wat mogelijk bevorderlijk is voor hun mobiliteit (Cherniack, 2012).

5 Heeft koffie- of cafeïneconsumptie invloed op de lichaamssamenstelling?

Koffie zonder suiker of melk bevat geen calorieën en draagt bij aan de vochtinname zonder de energie-inname te verhogen. Toename van de koffie- en theeconsumptie bleek zelfs geassocieerd te zijn met een lagere gewichtstoename door de tijd, wat niet kon worden toegeschreven aan vervanging van calorierijk voedsel (Lopez-Garcia, 2006). Het gunstige effect van cafeïne op de energiestofwisseling wordt genoemd als het achterliggende mechanisme, hoewel ook andere koffiebestanddelen aan dit effect zouden kunnen bijdragen. In eerder onderzoek onder slanke en te zware proefpersonen bleek cafeïne de stofwisseling te verhogen en de voedsel geïnduceerde thermogenese te verbeteren, ofschoon de omvang van het effect beperkt was. (Astrup, 1990).

Hoge cafeïneconsumptie wordt soms gebruikt om de wateruitscheiding te verhogen als tijdelijke maatregel voor gewichtsafname bij sporten met gewichtscategorieën. Van acute hoge cafeïne-inname (612 mg of 8,5 mg per kg lichaamsgewicht) is gebleken dat het urinevolume erdoor toeneemt gedurende de vier uur erna in rust bij personen die gedurende enkele dagen helemaal geen cafeïne hadden geconsumeerd. Echter de omvang van het effect is bescheiden en eerder in grammen dan in kilogrammen uit te drukken (Ganio, 2007). Bovendien kan acute consumptie van hoge doses cafeïne bijwerkingen hebben als duizeligheid, hoofdpijn, een onrustig gevoel, nervositeit, misselijkheid en slapeloosheid.

6 Staat cafeïne op de dopinglijst van de World Anti-Doping Agency?

Volgens de World Anti-Doping Code komt een stof in aanmerking voor plaatsing op de dopinglijst indien deze aan twee van de volgende drie criteria voldoet: (mogelijk) prestatiebevorderend; (mogelijk) schadelijk voor de gezondheid; of in strijd met de 'spirit of sport' (WADA, 2009). Hoewel er volop wetenschappelijk bewijs is voor de ergogene effecten van cafeïne bij uiteenlopende sportieve activiteiten zijn de gezondheidsgerelateerde nadelen als gevolg van cafeïneconsumptie te verwaarlozen (Del Coso, 2011). Bovendien werd cafeïne in 2004 van de dopinglijst verwijderd omdat cafeïne alom aanwezig is in dranken en voedsel. Daarnaast loopt de snelheid van de cafeïnestofwisseling per persoon sterk uiteen (WADA, 2009). Desondanks maakt cafeïne nog altijd deel uit van het Monitoring Program van de WADA. Hoewel cafeïneconsumptie in de sport niet verboden is, ziet WADA sinds de verwijdering van de dopinglijst nog altijd toe op zijn gebruik om een mogelijke toename in de cafeïneconsumptie te evalueren.

7 Wat is het resultaat van het Monitoring Program van de WADA voor cafeïne?

Om het gebruik van cafeïne door sporters na verwijdering van de dopinglijst te monitoren zijn 20.686 urinemonsters die tussen 2004-2008 zijn afgenomen voor dopingcontrole geanalyseerd op de cafeïneconcentratie. De monsters waren afkomstig van personen uit ruim 62 sportdisciplines. In 26,2 procent van de gevallen lag de cafeïneconcentratie onder de detectielimiet ($< 0,1 \mu\text{g/ml}$), in 67,3 procent was deze minder dan $5 \mu\text{g/ml}$ en slechts in 0,6 procent werd de voormalige drempel voor cafeïnedoping ($12 \mu\text{g/ml}$) overschreden. Duursporters bleken hogere cafeïneconcentraties in de urine te hebben dan sporters die aan kortdurende of interval sporten deden. De conclusie luidde dat verwijdering van de dopinglijst niet tot een veranderd cafeïnegebruik binnen de sport had geleid, waarschijnlijk omdat hoge doses cafeïne niet meer bevorderlijk voor de sportprestaties lijken dan matige doses (Del Coso, 2011). Uit het Monitoring Program voor 2010 en 2011 bleken geen specifieke patronen van misbruik van cafeïne in de sport, hoewel er een significante toename van cafeïneconsumptie binnen de sportpopulatie werd waargenomen (WADA, 2012). Over het algemeen leidt een cafeïnedosering tussen drie en zes milligram per kg lichaamsgewicht, ofwel twee tot vijf kopjes koffie, tot een cafeïneconcentratie in de urine die veel lager ligt dan de voormalige WADA drempel van $12 \mu\text{g/ml}$.



Samenvatting

- De hoeveelheid cafeïne die nodig is om de sportprestaties te verbeteren, is circa 3 mg per kg lichaamsgewicht, vergelijkbaar met twee tot drie kopjes koffie, bij voorkeur minstens een uur voorafgaand aan de lichaamsbeweging te consumeren.
- Lage tot matige doses cafeïne (tot 6 mg per kg lichaamsgewicht, ofwel vier tot vijf kopjes koffie) worden niet in verband gebracht met nadelige gezondheidseffecten voor volwassenen.
- De cafeïne-inname onder kinderen wordt geadviseerd te beperken tot 2,5 mg cafeïne per kg lichaamsgewicht per dag.
- Het is zinloos om cafeïneconsumptie stop te zetten in de dagen voorafgaand aan een wedstrijd om een hoger ergogeen effect te bewerkstelligen.
- Sporters die niet gewend zijn cafeïne te consumeren, wordt geadviseerd om de effecten van cafeïne te testen voordat ze cafeïne introduceren ten behoeve van trainingen of wedstrijden.
- Cafeïne helpt om de fysieke en mentale uitdagingen van de trainingssessie langer vol te houden.
- Aangezien cafeïne het uithoudingsvermogen kan verbeteren, vermoeidheid kan wegnemen en het gevoel van euforie en energie kan verhogen, kan iedereen die in beweging wil komen gebaat zijn bij cafeïne- of koffieconsumptie voorafgaand aan de lichaamsbeweging.
- Cafeïne heeft geen invloed op de lichaamssamenstelling. Acute hoge cafeïneconsumptie heeft mogelijk een lichte, kortdurende werking op de vochtbalans maar wordt niet aangeraden vanwege de mogelijke bijwerkingen.
- Cafeïne staat niet op de dopinglijst van de World Anti-Doping Agency.

Referenties

- Astrup A et al. (1990). Caffeine: a double blind, placebo-controlled study of its thermogenetic, metabolic, and cardiovascular effects in healthy volunteers. *Am J Clin Nutr* 51: 759-67.
- Boekema PJ et al. (2001). Functional bowel symptoms in a general Dutch population and associations with common stimulans. *Neth J Med* 59: 23-30.
- Burke L (2008). Caffeine and sports performance. *Appl Physiol Nutr Metab* 33: 1319-1334.
- Cherniack EP (2012). Ergogenic dietary aids for the elderly. *Nutrition* 28: 225-229.
- Del Coso J et al (2011). Prevalence of caffeine use in elite athletes following its removal from World Anti-Doping Agency list of banned substances. *Appl Physiol Nutr Metab* 36: 555-561.
- Davis JK en Matt Green J (2009). Caffeine and Anearobic Performance Ergogenic value and mechanism of action. *Sports Med* 39: 813-832.
- EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA) (2011). Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to caffeine and increase in physical performance during short-term high-intensity exercise (ID 737, 1486, 1489), increase in endurance performance (ID 737, 1486), increase in endurance capacity (ID 1488) and reduction in the rated perceived exertion/effort during exercise (ID 1488, 1490) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal*;9(4):2053 [24 pp.].doi:10.2903/j.efsa.2011.2053
- Foskett A et al (2009). Caffeine enhances cognitive function and skill performance during simulated soccer activity. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 19: 410-423.
- Fredholm B et al (1999). Actions of caffeine in the brain with special reference to factors that contribute to its widespread use. *Pharmacology Rev* 51(1): 83-133.
- Ganio MS et al (2007). Evidence -based approach to lingering hydration questions. *Clin Sports Med* 26: 1-16.
- Goldstein ER et al (2010). International society of sports nutrition position stand: caffeine and performance. *J Int Soc Sports Nutr.* 7: 5. <http://www.jssn.com/content/7/1/5>
- Graham TE et al (1998). Metabolic exercise endurance effects of coffee and caffeine ingestion. *J Appl Physiol* 85: 883-889.
- Graham TE (2001). Caffeine and Exercise Metabolisms, Endurance and Performance. *Sports Med* 31: 785-807.
- Haug TT et al. (1995). What Are the Real Problems for Patients with Functional Dyspepsia? *Scan J Gastroenterol* 30: 97-100.
- Higdon JV en Frei B (2006). Coffee and health: a review of recent human research. *Critical Reviews in Foods Science and Nutrition* 56: 101-123.

- Lopez-Garcia E et al (2006). Changes in caffeine intake and long-term weight change in men and women. *Am J Clin Nutr* 83: 674-680.
- McLellan TM en 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.
- Moayyedi P et al. (2000). The Proportion of Upper Gastrointestinal Symptoms in the community Associated With *Helicobacter pylori*, Lifestyle Factors, and Nonsteroidal Anti-inflammatory Drugs. *Am J Gastroenterol* 95: 1448-1455.
- Nandurkar S et al. (1998). Dyspepsia in the community is linked to smoking and aspirin use but not to *Helicobacter pylori* infection. *Arch Intern Med* 158: 1427-1433.
- Nawrot P et al (2003). Effects of caffeine on health. *Food Additives and Contaminants*, 20(1): 1-30.
- Nehlig A et al (1992). Caffeine and the central nervous system: Mechanisms of action, biochemical, metabolic, and psycho stimulant effects. *Brain Res Rev* 7: 139-170.
- Smith A (2002). Effects of caffeine on human behaviour. *Food and Chemical Toxicology* 40: 1243-1255.
- Smith BD et al (2004). Arousal and behaviour: Biopsychological Effects of Caffeine. 35-52. In A. Nehlig (Ed.), *Coffee, Tea, Chocolate, and the Brain*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Sökmén B et al (2008). Caffeine use in sports: considerations for the athlete. *J Strength Cond Res* 22: 978-986.
- Tieges Z (2007). Caffeine and cognitive control Behavioural and electrophysiological studies. Thesis: ISBN 987-90-9022340-7.
- WADA (2009) http://www.wada-ama.org/Documents/World_Anti-Doping_Program/WADP-The-Code/WADA_Anti-Doping_CODE_2009_EN.pdf
- WADA (2012) <http://www.wada-ama.org/en/World-Anti-Doping-Program/Sports-and-Anti-Doping-Organizations/International-Standards/Prohibited-List/QA-on-2012-Prohibited-List>.



koffie en bewegen

KOFFIE EN GEZONDHEID

www.koffieengezondheid.nl