

*Bewegingstechnologie
Haagse Hogeschool*

Juni 2013

*De sportspecifieke getraindheid van de
proefpersonen en het ergogene effect van cafeïne*

Nanet Moesman

Bewegingstechnologie
Haagse Hogeschool



De sportspecifieke getraindheid van de proefpersonen en het ergogene effect van cafeïne

Auteur

Nanet Moesman

Begeleiders

Hester van der Sloot

Andrea Witkam

Datum

Juni 2013

VOORWOORD

In februari 2010 ben ik begonnen aan de opleiding bewegingstechnologie aan de Haagse Hogeschool. Na alle verplichte vakken, vrije studiepunten, twee stages en twee minors behaald te hebben ben ik in februari 2013 begonnen met afstuderen. Doordat het vak inspanningsfysiologie mij erg interesseerde heb ik besloten onderzoek in deze richting te doen.

In deze scriptie beschrijf ik alle stappen die ik heb doorlopen om de invloed van cafeïne op sportprestaties te onderzoeken. Na een grondig literatuuronderzoek uitgevoerd te hebben bleek dat het type proefpersoon invloed leek te hebben op de uitkomsten van dergelijke onderzoeken. In mijn onderzoek heb ik verschillende typen proefpersonen getest om deze hypothese te onderzoeken.

Graag wil ik Ivonne ten Voorde bedanken voor het mogelijk maken om dit onderzoek dubbelblind uit te voeren. Ook wil ik Marije Constandse en Carola Dijkers bedanken voor het ondersteunen van de inspanningstesten. Verder wil ik Gert-Jan van Hattem bedanken voor het beschikbaar stellen van de apparatuur uit Sportmedisch Centrum Nieuw Rotterdams Peil om dit onderzoek mogelijk te maken. Ten slotte wil ik Hester van der Sloot en Andrea Witkam bedanken voor de goede begeleiding bij het schrijven van dit artikel.

INHOUDSOPGAVE

Artikel	4
Samenvatting.....	4
Abstract	4
Inleiding	5
Methode	6
Resultaten	8
Discussie	12
Conclusie	14
Literatuur	15
Bijlagen	17
1. Vragenlijsten.....	17
2. Tabel literatuur	20

ARTIKEL

SAMENVATTING

Uit de literatuur blijkt dat cafeïne over het algemeen een ergogeen (prestatie bevorderend) effect heeft op sportprestaties. Echter blijken er ook een aantal onderzoeken te zijn gedaan die dit effect niet konden bevestigen. Een mogelijke verklaring hiervoor lijkt te zijn dat de proefpersonen die worden gebruikt in deze onderzoeken van elkaar verschillen in mate van getraindheid.

Het doel van deze studie was om te onderzoeken of verschillende groepen proefpersonen (fietsers, niet-fietsende sporters en niet-sporters) verschillende effecten na inname van cafeïne ondervinden. Doordat uit de literatuur bleek dat getrainde proefpersonen wel effect van cafeïne ondervonden en niet-getrainde proefpersonen geen effect van cafeïne ondervonden, werd verondersteld dat fietsers en sporters die niet fietsen meer effect van cafeïne ondervinden dan niet sporters.

Om dit te onderzoeken hebben alle proefpersonen (9 mannen en 6 vrouwen), onderverdeeld in drie groepen (n=5 per groep), twee maal een maximale inspanningstest op een Lode Excalibur Sport fietsergometer afgelegd. Eenmaal hebben de proefpersonen een dosis cafeïne genuttigd van 4 mg per kilogram lichaamsgewicht en eenmaal hebben de proefpersonen een placebo toegediend gekregen. De volgorde is gerandomiseerd en met een dubbelblinde procedure uitgevoerd.

Uit de resultaten blijkt dat cafeïne een significant ergogeen effect heeft op het behaalde vermogen ($P=0,002$) en de tijd tot uitputting ($P=0,011$). Wanneer de proefpersonen in de drie groepen werden ingedeeld waren er tussen de groepen verschillen te zien in maximaal behaald vermogen (Fietsers $11,25 \pm 4,79$ Watt; niet-fietsende sporters $3,00 \pm 7,58$ Watt; niet-sporters $3,00 \pm 2,74$ Watt) en in tijd tot uitputting (Fietsers $25,50 \pm 9,00$ sec.; niet-fietsende sporters $3,40 \pm 12,84$ sec.; niet-sporters $8,4 \pm 8,45$ sec.). Deze verschillen waren echter niet significant. Vervolgonderzoek zal moeten uitwijzen of het door het kleine aantal proefpersonen komt (n=15; per groep n=5) dat deze verschillen niet significant zijn.

Naast deze uitkomst bleek dat er een hoger vermogen werd gehaald en er langer kon worden gefietst nadat er cafeïne was genuttigd, terwijl de maximale zuurstofopname gelijk bleef. Dit kan duiden op een toename van de anaerobe verbranding, veroorzaakt door een toename van spierglycogeen in de spieren. Deze toename ontstaat doordat de vetverbranding de energietoevoer naar de spieren eerder overneemt van glycogeen in de aerobe fase van de inspanning, waardoor er meer glycogeen overblijft voor de anaerobe fase van de inspanning. Hier zou echter meer onderzoek naar gedaan moeten worden.

ABSTRACT

It is known that caffeine has an ergogenic effect on sports performance. However, according to the used literature, there are still studies that are not able to find an effect. An explanation could be that there are different types of subjects used in these studies

The purpose of this research was to find out whether different groups of subjects (cyclists, non-cycling athletes and non-athletes) experience different effects of caffeine. Because the literature revealed that trained subjects experienced an effect of caffeine and non-trained subjects did not experience an effect of caffeine, it is assumed that cyclists and non-cycling athletes experience more effect of caffeine than non-athletes.

For this investigation, each subject completed two double-blind maximal incremental exercise tests on a Lode Excalibur Sport cycle ergometer in a random order after ingestion of caffeine (4 mg/kg of body weight) or placebo.

The results show that there is a significant ergogenic effect of caffeine on power output ($P = 0.002$) and time to exhaustion ($P = 0.011$). When the subjects were classified into three groups, there were differences between the groups in maximum power output (Cyclists $11,25 \pm 4,79$ Watts; non-cycling athletes $3,00 \pm 7,58$ Watts; non-athletes $3,00 \pm 2,74$ Watts) and time to exhaustion (Cyclists $25,50 \pm 9,00$ sec.; non-cycling athletes $3,40 \pm 12,84$ sec.; non-athletes $8,40 \pm 8,45$ sec.). But these differences were not significant. Further research should reveal whether it is because of the small amount of subjects ($n = 15$) that these differences are not significant.

Besides these results, it turned out that a higher power output was achieved and the time to exhaustion took longer, while the maximal oxygen uptake remained unchanged. This may indicate an increase in the anaerobic combustion, caused by an increase in muscle glycogen. This increase is provided by early take over from fat burning during the aerobic phase of the effort, allowing more glycogen left for the anaerobic phase of the effort. However, more research needs to be done.

INLEIDING

Cafeïne is een stof die, al dan niet van nature, in voedingsmiddelen voorkomt, zoals koffie, thee, chocolade, cola en energie drankjes. Ook in medicijnen is cafeïne een veelgebruikte stof. Toch heeft cafeïne tussen 1982 en 2004 op de dopinglijst van het Wereld Anti-Doping Agentschap gestaan, omdat bleek dat de stof mogelijk een prestatie bevorderende werking heeft, ook wel een ergogeen effect genoemd. Uiteindelijk is de stof van de dopinglijst afgehaald, omdat cafeïne niet aan alle criteria voldoet om erop te staan. Cafeïne is namelijk niet schadelijk voor de gezondheid, mits het in normale hoeveelheden wordt gebruikt, en het komt voor in alledaagse voedselbronnen. Op het moment dat cafeïne van de dopinglijst werd gehaald hebben Coso et al. (2011) een grootschalig onderzoek gedaan naar de inname van cafeïne onder sporters. Hiervoor werden de urinaire cafeïneconcentraties van bijna 21000 sporters getest. Hieruit bleek dat duursporters (triatlon, fietsen en roeien) hogere cafeïnewaardes in hun urine hadden, dus meer cafeïne gebruikten, dan interval sporters (worstelen, tennis en gymnastiek).

Er is reeds veel onderzoek verricht naar de mogelijke ergogene werking van cafeïne. Hierover zijn meerdere theorieën onderzocht. Zo zou cafeïne zorgen voor een verhoogde

vrijevetzuur concentratie (Koffie en gezondheid, 2012, Davis et al., 2009, Ganio et al., 2009 & Graham, 2001) en een besparend effect op spierglycogeen hebben (Koffie en gezondheid, 2012, Davis et al., 2009 & Graham, 2001). Echter, er blijkt slechts één theorie door vrijwel alle huidige literatuur te worden ondersteund, namelijk dat cafeïne de adenosinereceptoren blokkeert (Koffie en bewegen, 2012, Davis et al., 2009, Ganio et al., 2009, Keisler et al., 2006, Bell et al., 2002 & Graham, 2001). Adenosine is een modulator van het centrale zenuwstelsel en zorgt voor een verhoogde pijnperceptie, vasodilatatie en vermoeidheid. Doordat cafeïne zich aan de adenosinereceptoren hecht, wordt adenosine geblokkeerd. Dit leidt tot een tegengesteld effect, waardoor een verminderde pijnperceptie ontstaat. Hierdoor kunnen motorunits prikkels af blijven vuren in de spieren en blijven zenuwen geprikkeld. Ook leidt adenosinereceptorblokkade tot vasoconstrictie en een minder vermoeid gevoel (Koffie en bewegen, 2012, Davis et al., 2009, Keisler et al., 2006 & Graham, 2001).

Mogelijk door deze effecten heeft cafeïne een prestatie bevorderend effect. Uit een review van Davis et al. (2009) blijkt dat cafeïne een beperkte invloed heeft op anaerobe inspanningen. Zo komt er een minimaal ergogeen effect naar voren bij de wingate test (sprinttest op een fietsergometer waarbij het

Factor	Karapaetian et al. (2012)	Anderson et al. (2000)	Denadai et al. (1998)	Jackman et al. (1996)	Dodd et al. (1991)	Flinn et al. (1990)	Mc Naughton (1986)	Totaal
Lage dosis cafeïne (≤6 mg/kg)	-	+	-	+	-			+/-
Hoge dosis cafeïne (≥7 mg/kg)		+				+	+	+
Nuchter getest	-	+			-	+	+	+/-
>24 uur geen cafeïne	-	+	-	+				+/-
Oplopende maximale inspanningstest	-				-	+		+/-
VO ₂ max test		+	-	+			+	+/-
(Goed) getrainde proefpersonen		+		+		+	+	+
Matig/niet getrainde proefpersonen	-		-		-			-

Tabel 1. Overzicht van bestaande literatuur.

+ In dit onderzoek werd wel een ergogeen effect van cafeïne aangetoond.

– In dit onderzoek werd geen ergogeen effect van cafeïne aangetoond.

sprintvermogen gedurende 30 seconden gemeten wordt), maar een groter effect bij een sprinttest (zowel lopend als fietsend) uitgevoerd op 100 tot 125% van de maximale zuurstofopname. Uit een andere review van Graham (2001), blijkt echter dat cafeïne een duidelijk ergogeen effect heeft op aerobe prestaties die tussen de 30 en 60 minuten duren.

Er zijn vele onderzoeken verricht naar de invloed van cafeïne op sportprestaties. Toch zijn deze onderzoeken niet eenduidig over het effect van cafeïne. Een aantal onderzoeken vond wel een ergogeen effect van cafeïne (Anderson et al., 2000, Jackman et al., 1996, Flinn et al., 1990 & Mc Naughton, 1986) en een aantal andere onderzoeken vond geen ergogeen effect van cafeïne (Karapaetian et al., 2012, Denadai et al., 1998 & Dodd et al., 1991).

Binnen deze onderzoeken zijn er een aantal verschillen te vinden die ertoe kunnen leiden dat er een ander effect van cafeïne werd gevonden. Uit tabel 1 blijkt dat dit niet de verschillen zijn die een duidelijke verklaring geven voor de verschillende effecten van cafeïne die in deze onderzoeken werden gevonden. Een verschil dat wel een

eenduidige invloed lijkt te hebben is het type proefpersoon dat is gebruikt voor de onderzoeken. Wanneer er getrainde proefpersonen werden gebruikt werd er altijd een ergogeen effect van cafeïne ontdekt, wanneer er matig tot niet getrainde proefpersonen werden gebruikt was dit niet het geval.

Tijdens deze studie is onderzocht of het type proefpersoon bepalend is voor het vinden van een ergogeen effect van cafeïne. Op basis van de literatuur werd verwacht dat er een sterker ergogeen effect van cafeïne gevonden zou worden wanneer proefpersonen werden getest die goed getraind zijn. En dat er een minder, tot geen ergogeen effect van cafeïne gevonden werd wanneer er niet-getrainde proefpersonen worden getest.

METHODE

Proefpersonen

Er namen zestien proefpersonen deel aan dit onderzoek (10 mannen en 6 vrouwen). Een man heeft echter niet de gehele procedure kunnen doorlopen, waardoor zijn resultaten niet gebruikt konden worden (Tabel 2).

Alle proefpersonen zijn op de hoogte gesteld van details, mogelijke ongemakken en risico's

	Groep 1	Groep 2	Groep 3	Totaal
Aantal m/v	3 / 2	3 / 2	3 / 2	9 / 6
Gemiddelde leeftijd	31,0 ± 14,63 jaar	21,6 ± 3,13 jaar	30,6 ± 14,81 jaar	27,7 ± 12,1 jaar
Gemiddeld gewicht	74,0 ± 12,75 Kg	70,0 ± 6,40 Kg	74,8 ± 14,08 Kg	72,9 ± 10,9 Kg

Tabel 2. Gemiddelde waarden van de proefpersonen.

die verbonden zijn aan het experimentele protocol. Schriftelijke toestemming is verkregen van alle proefpersonen.

De proefpersonen zijn opgedeeld in drie groepen: Fietzers (groep 1), niet-fietsende sporters (groep 2) en niet sporters (groep 3).

Procedure

De proefpersonen hebben twee keer een oplopende maximale inspanningstest uitgevoerd. Tussen deze testen zat twee weken tijd. 24 uur voor aanvang van beide testen is er door de proefpersonen geen cafeïne meer genuttigd. Voor aanvang van de test kregen de proefpersonen 4 mg per kg lichaamsgewicht cafeïnepoeder (opgelost in water, citroensap en siroop) of placebo (water, citroensap en siroop) toegediend. De volgorde was gerandomiseerd en is met een dubbelblinde procedure uitgevoerd.

Tussen de 40 en 50 minuten na inname van het drankje werd er een Elektro Cardio Gram (ECG) gemaakt, om de rusthartslag te meten en te controleren of het hartritme in orde was. Ook werd de bloeddruk in rust opgemeten.

60 minuten na inname werd met de inspanningstest begonnen. Tijdens deze test werden een aantal variabelen gemeten zoals het maximale vermogen dat werd gefietst (P_{MAX}) en de tijd tot uitputting (T_{MAX}). Verder werden de maximale hartslag (HR_{MAX}) en de maximale zuurstofopname (VO_{2_MAX}) tijdens beide testen gemeten. Tijdens het uitfietsen werd de herstelhartslag na 1, 2 en 3 minuten

gemeten en de bloeddruk na 3 minuten. Ook deze variabelen werden gemeten om er zeker van te zijn dat de proefpersonen voldoende herstelden.

Vragenlijsten

Voor aanvang van de test hebben alle proefpersonen een aantal vragenlijsten ingevuld. De eerste keer werd hierin gevraagd welke sporten er worden beoefend, hoeveel uur per week dit gebeurt en in welk verband (recreatief of wedstrijden). Ook werd er een anamneseformulier ingevuld. Zowel voor aanvang van de eerste als de tweede test werd gevraagd hoe lang geleden de proefpersonen de laatste cafeïne houdende consumpties hadden genuttigd, om er zeker van te zijn dat dit minimaal 24 uur geleden was.

Metingen

De inspanningstest werd gefietst op een Lode Excalibur Sport fietsergometer. Deze werd door de computer aangestuurd en het vermogen werd continu geregistreerd.

De hartslag werd zowel in rust als tijdens de test gemeten door middel van een ECG. De hartfrequentie (HR) werd continu gemonitord en om de drie minuten geprint.

De ademgasanalyse is uitgevoerd met een oxycon (Cosmed Quark CPET). Deze werd voor aanvang van iedere test geijkt met zuurstof voor de juiste gaswaarden. Het volume werd geijkt met behulp van een calibration syringe van 3 liter. Met deze oxycon kon gedurende de hele test de zuurstofopname (VO_2) gemeten en geregistreerd worden.

Inspanningsprotocol

Het inspanningsprotocol begon op 70 Watt. Per 12 seconden werd het vermogen 5 Watt (=25 Watt per minuut) zwaarder (Whaley et al., 2005). Aan de hand van het lichaamsgewicht van de proefpersonen werd bepaald hoe lang zij mochten infietsen. Deze

tijd werd bepaald doordat er van de proefpersonen werd verwacht dat zij tussen de 3 en de 5 keer hun lichaamsgewicht (uitgedrukt in vermogen) zouden behalen en het ideaal is bij een dergelijke maximale inspanningstest om tussen de 8 en 15 minuten te fietsen. De 10^e minuut van het inspanningsprotocol lag bij 4 keer het lichaamsgewicht. Zwaardere proefpersonen mochten dus minder lang infietsen, omdat verwacht werd dat zij een hoger vermogen zouden gaan behalen en daarmee langer fietsen. Wanneer het wattage dat gelijk was aan 4 keer het lichaamsgewicht, boven de 10 minuten lag, werden de eerste paar stappen van het inspanningsprotocol overgeslagen, om te voorkomen dat de proefpersonen langer dan 15 minuten zouden fietsen.

De proefpersonen mochten tussen de 70 en 90 omwentelingen per minuut fietsen en moesten de gehele test op het zadel blijven zitten. Wanneer men de trappers niet meer rond kreeg met 70 of meer omwentelingen per minuut werd de test gestopt en mochten de proefpersonen 3 minuten uitfietsen op 60 Watt met 50 tot 60 omwentelingen per minuut.

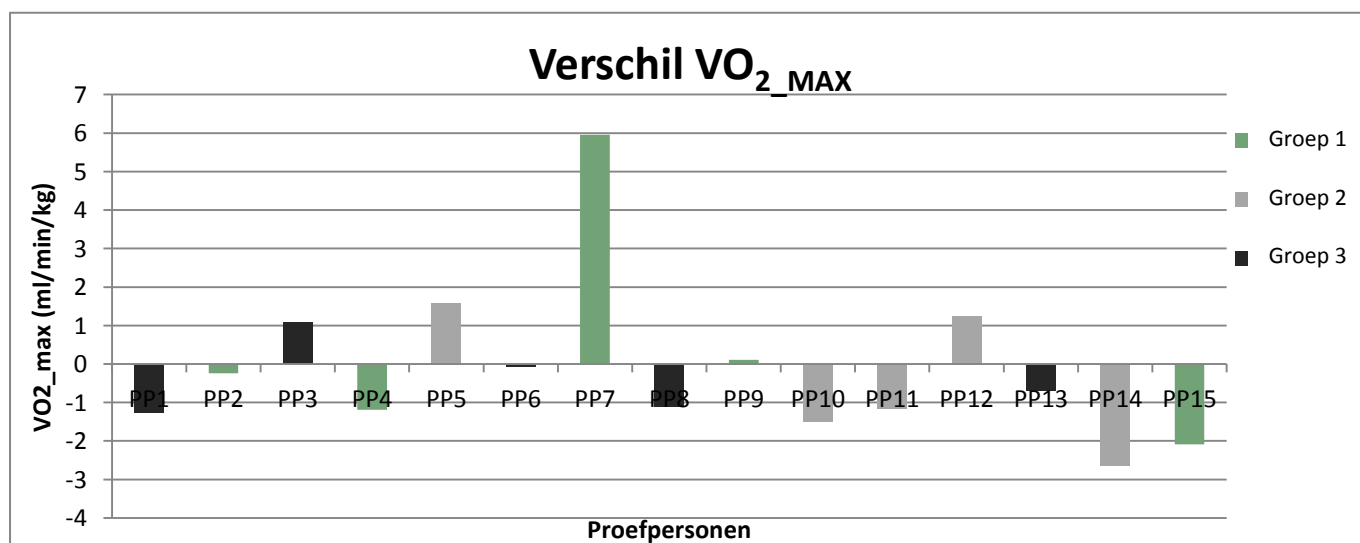
Statistische analyse

De resultaten zijn verwerkt in statistiekprogramma SPSS (versie 20.0.0). Hierin is de repeated measure toets gebruikt om het verschil te kunnen onderzoeken dat veroorzaakt wordt door cafeïne. Deze toets is gebruikt om te controleren of de VO_{2_MAX} en de HR_{MAX} overeen komen tussen de twee testen en dus niet significant verschillen. Cafeïne heeft namelijk geen invloed op de VO_{2_MAX} en de HR_{MAX} (Karapaetian et al., 2012, Anderson et al, 2000, Denadai et al., 1998, Dodd et al., 1991 & Mc Naughton, 1986). Op deze manier kan worden gecontroleerd of alle proefpersonen zich tijdens beide maximaaltesten werkelijk maximaal hebben ingespannen. De repeated measure toets werd ook uitgevoerd om de variabelen P_{MAX} en T_{MAX} te onderzoeken.

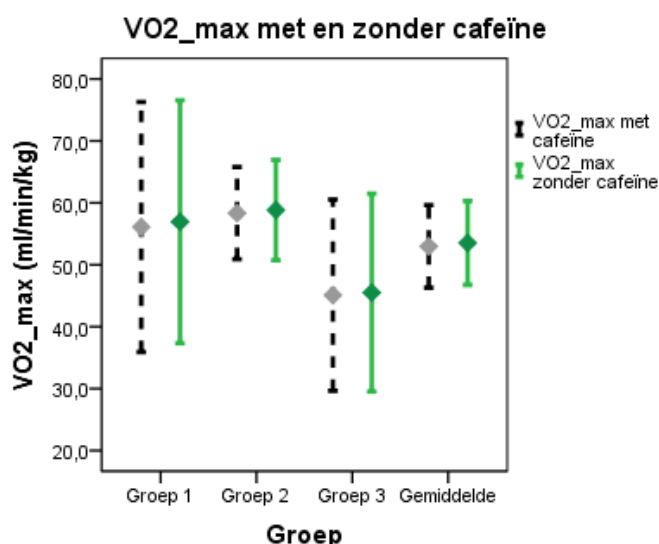
Om de verschillen tussen de groepen in P_{MAX} en T_{MAX} te kunnen bepalen is de multiple comparisons toets van Scheffe gebruikt.

RESULTATEN

De VO_{2_MAX} is een maat om te bepalen of de proefpersonen twee keer een maximale inspanning hebben geleverd (Morree, de, 2011 & Burgerhout, 2006). Uit bestaande literatuur blijkt dat cafeïne vaak een ergogeen effect op de VO_{2_MAX} heeft wanneer er een



Figuur 1. Verschillen in VO_{2_MAX} van alle proefpersonen tussen beide testen (VO_{2_MAX} met cafeïne - VO_{2_MAX} zonder cafeïne). Proefpersoon 7 (PP7) is een uitbijter (SRE= -2,83; Eis: -2,00 ≤ SRE ≤ 2,00).



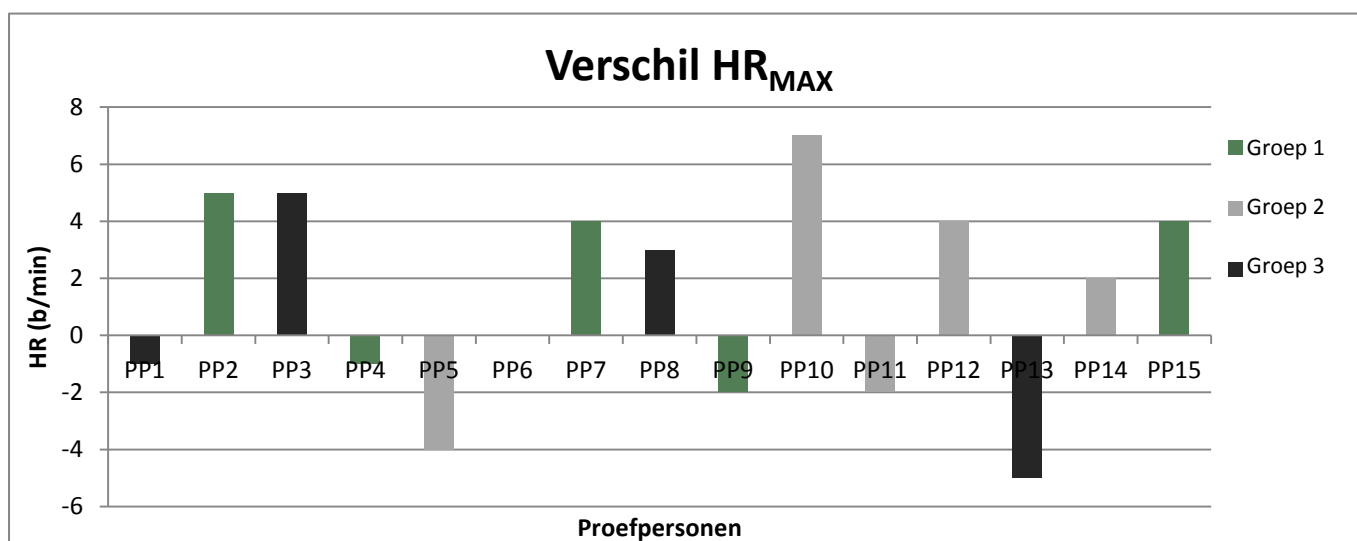
Figuur 2. VO₂MAX van de proefpersonen tijdens maximale inspanning met cafeïne of placebo. Het gemiddelde verschil is niet significant (P=0,133).

intense inspanning wordt geleverd, waarbij het vermogen niet wordt gecontroleerd (roeien, zwemmen, rennen e.d.) (Jackman et al., 1996). Echter werd in dit onderzoek het vermogen wel gecontroleerd en uit de literatuur blijkt dat cafeïne dan geen effect heeft op de VO₂MAX (Karapaetian et al., 2012, Anderson et al., 2000, Jackman et al., 1996, Dodd et al., 1991 & Mc Naughton, 1986). Door deze resultaten kon de VO₂MAX van alle proefpersonen, van beide testen, vergeleken worden. Hierdoor kon er gecontroleerd worden of iedereen tijdens beide inspanningstesten maximaal had gepresteerd.

Doordat proefpersoon 7 (PP7) erg veel verschil leek te hebben in de VO₂MAX tussen de twee testen (Figuur 1) is deze studentized berekend. Hierdoor bleek deze proefpersoon een uitbijter te zijn (SRE= -2,83; Eis: -2,00 ≤ SRE ≤ 2,00). Om er zeker van te zijn dat dit geen invloed had op de berekening van het verschil in VO₂MAX bij de andere proefpersonen is hij uit de data verwijderd. Vervolgens werd de repeated measure toets uitgevoerd. Zoals figuur 2 weergeeft bleek er geen significant verschil te zijn tussen de VO₂MAX wanneer er met of zonder cafeïne werd gefietst (P=0,133). Hieruit kon geconcludeerd worden dat de proefpersonen zowel met als zonder cafeïne een maximale inspanning hadden geleverd.

Ook de HR_{MAX} is een maat om te bepalen of de geleverde inspanning maximaal is geweest (Morree, de, 2011, Burgerhout, 2006 & Houtman, 2003). Zoals blijkt uit de literatuur wordt ook deze niet beïnvloed door cafeïne (Karapaetian et al., 2012, Anderson et al, 2000, Denadai et al., 1998, Dodd et al., 1991 & Mc Naughton, 1986).

Met dit gegeven kon worden nagegaan of de proefpersonen beide testen dezelfde inspanning hebben geleverd wanneer er naar de HR_{MAX} werd gekeken. Figuur 3 geeft het verschil in HR_{MAX} aan van alle proefpersonen.

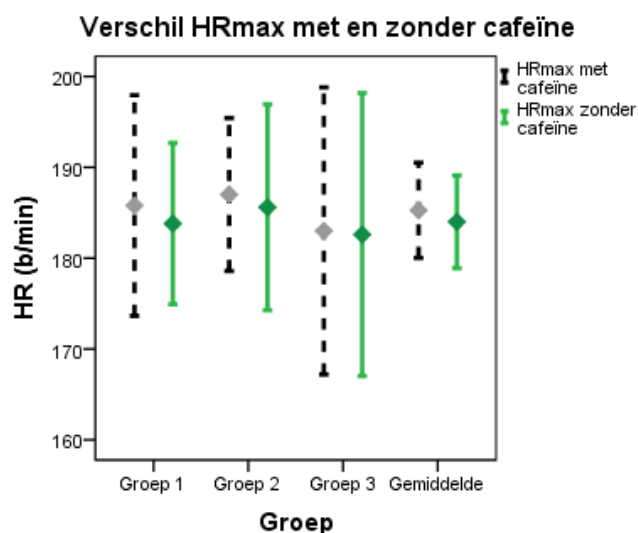


Figuur 3. Verschillen in HR_{MAX} van alle proefpersonen tussen beide testen (HR_{MAX} met cafeïne - HR_{MAX} zonder cafeïne).

Door de studentized uitbijters te berekenen bleek dat er geen proefpersonen waren die teveel afwaken van de rest, waardoor de repeated measure kon worden uitgevoerd met alle 15 proefpersonen. Zoals figuur 4 weergeeft bleek er geen significant verschil te bestaan tussen de HR_{MAX} wanneer er met of zonder cafeïne was gefietst ($P=0,230$). Deze uitkomsten bevestigen dat de proefpersonen beide testen maximaal hadden ingespannen.

PP7, waarbij het verschil in de VO_{2_MAX} afwijkend groter was dan bij de andere proefpersonen bleek geen verschil te hebben tussen de twee testen in HR_{MAX} . Deze proefpersoon was bij de eerste test (placebo) licht verkouden, wat invloed uitoefent op de VO_2 (Burgerhout, 2006). Doordat aan de HR_{MAX} te zien is dat de proefpersoon wel twee keer maximaal heeft ingespannen, worden zijn data wel meegenomen in de rest van het onderzoek.

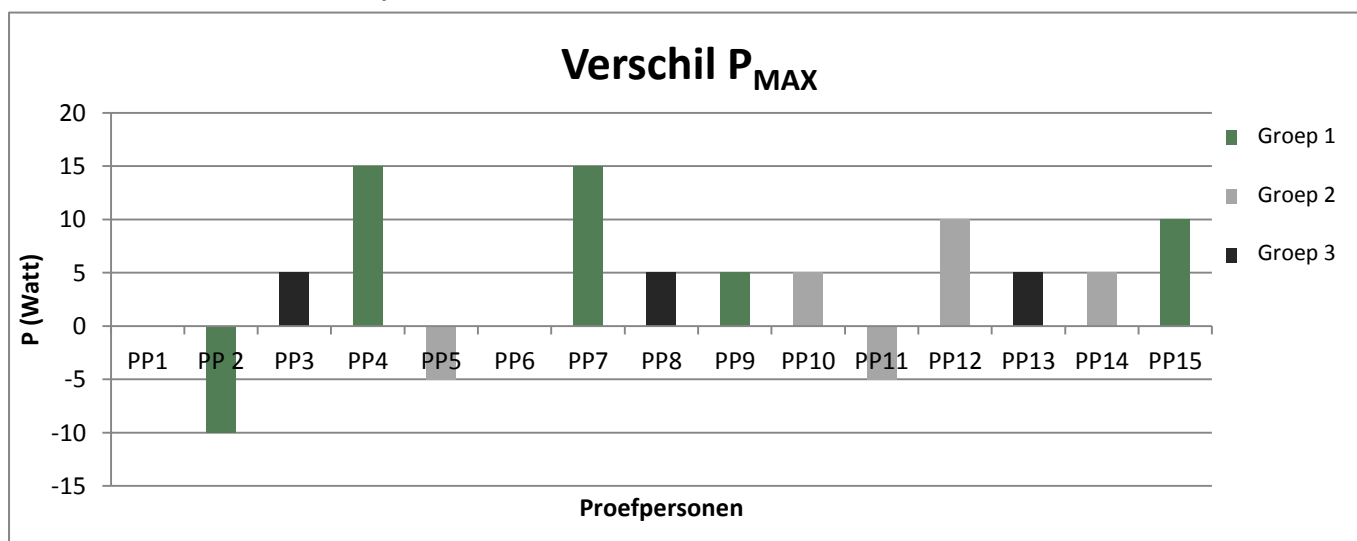
Nu is gebleken dat de proefpersonen beide inspanningstesten maximaal hebben gepresteerd kon getest worden of een bepaalde groep proefpersonen meer profijt had van cafeïne wanneer een maximale inspanningstest op een fietsergometer werd uitgevoerd. Hiervoor zijn twee variabelen nader onderzocht, namelijk P_{MAX} en T_{MAX} .



Figuur 4. HR_{MAX} van de proefpersonen tijdens maximale inspanning met cafeïne of placebo. Het gemiddelde verschil is niet significant ($P=0,230$).

Vermogen

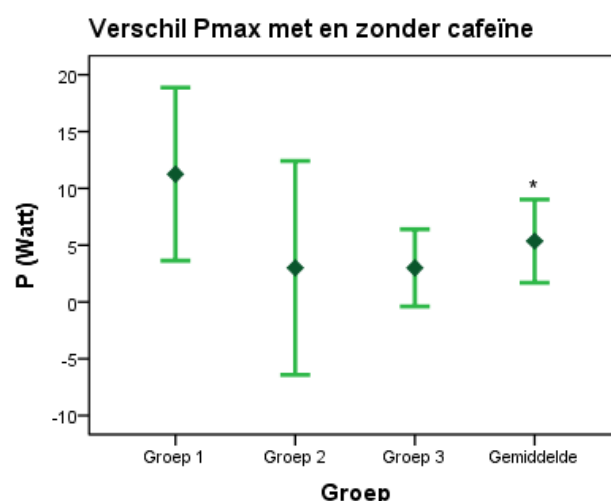
Aangezien P_{MAX} afhankelijk is van de mate van getraindheid van de proefpersonen en dit voor een enorme spreiding ($205 \leq \text{Watt} \leq 535$) zorgde, werd er gekeken naar het verschil dat zij fietsten (Verskil = P_{MAX} met cafeïne – P_{MAX} zonder cafeïne). Deze uitkomsten zijn weergegeven in figuur 5. Hieruit bleek dat de meeste proefpersonen tot een hoger vermogen fietsten nadat zij cafeïne hadden genuttigd. Proefpersoon 1 en 6 behaalde hetzelfde vermogen. Proefpersoon 2 leek in deze figuur af te wijken en daarom is deze studentized berekend. Hierdoor bleek deze



Figuur 5. Het verschil in P_{MAX} voor alle proefpersonen na cafeïne inname in vergelijking met placebo (P_{MAX} met cafeïne – P_{MAX} zonder cafeïne). Ook zijn de verschillende groepen weergegeven.

proefpersoon een uitbijter te zijn ($SRE = -2,04$; $Eis: -2,00 \leq SRE \leq 2,00$). Aangezien deze proefpersoon een topsport fietser is, en de andere proefpersonen in groep 1 in mindere mate zijn getraind, zijn de data van proefpersoon 2 als onbruikbaar beschouwd en niet meegenomen in de rest van het onderzoek naar de verschillen in P_{MAX} . Nadat deze gegevens uit de data waren verwijderd kon de repeated measure toets worden toegepast. Figuur 6 laat het gemiddeld hoger behaalde vermogen zien wanneer er cafeïne is genuttigd in plaats van placebo. Dit verschil is significant hoger ($P=0,002$). Hieruit is op te maken dat dit onderzoek het ergogene effect van cafeïne op het vermogen, zoals werd gevonden in het onderzoek van Flinn et al. (1990), bevestigd. Ook zij vonden dat proefpersonen een hoger vermogen behaalde nadat ze een dosis cafeïne (10 mg/kg) hadden genuttigd.

Nadat de proefpersonen in de drie groepen waren ingedeeld leek groep 1 meer invloed van cafeïne te ondervinden dan groep 2 en groep 3 (figuur 6). Na het uitvoeren van de multiple comparisons toets van Scheffe bleek er echter geen significant verschil te zijn tussen de groepen (Groep 1 met groep 2: $P=0,995$; Groep 1 met groep 3: $P=0,700$; Groep 2 met groep 3: $P=0,612$).

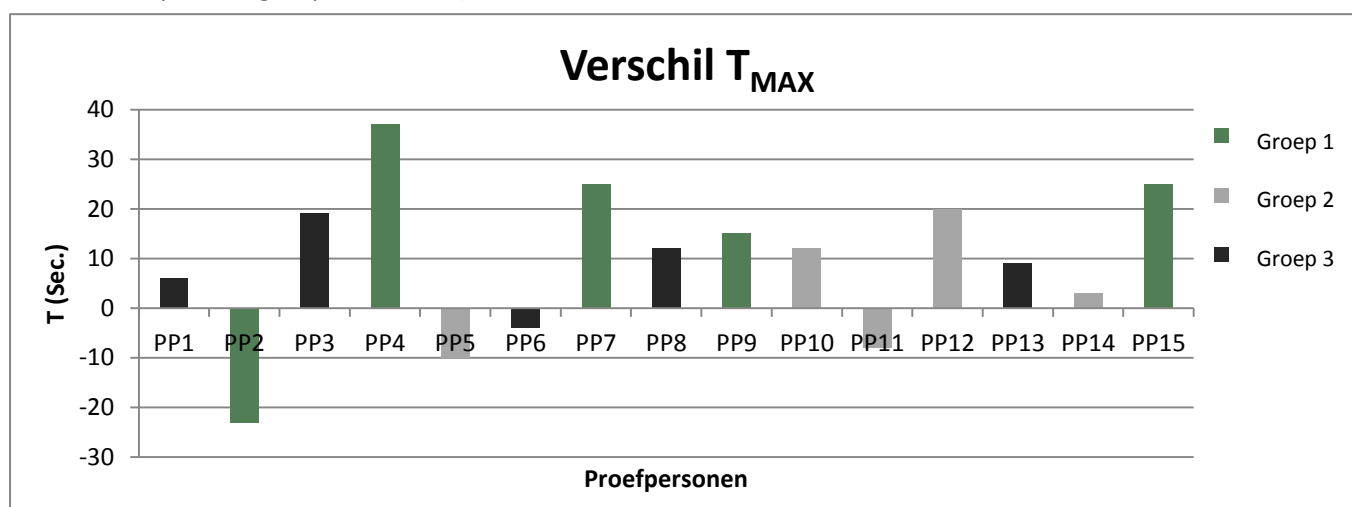


Figuur 6. Per groep het verschil in P_{MAX} na cafeïne inname in vergelijking met placebo (P_{MAX} met cafeïne - P_{MAX} zonder cafeïne). Het gemiddelde verschil in P_{MAX} is significant hoger na cafeïne inname ($P=0,002$).

Tussen de groepen is er geen significant verschil.

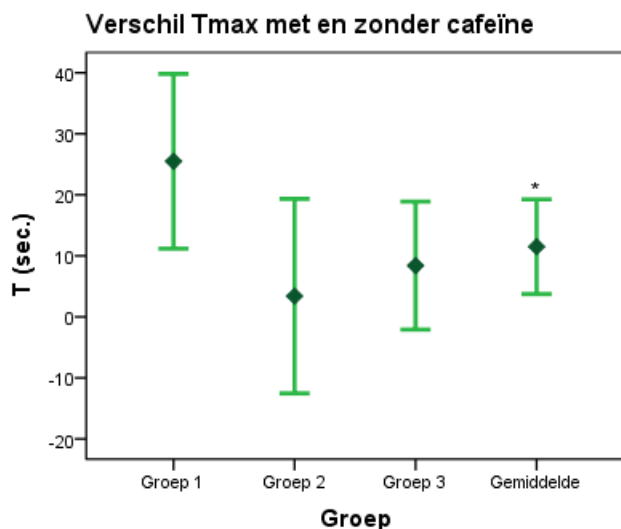
Tijd tot uitputting

Ook T_{MAX} is afhankelijk van de mate van getraindheid van de proefpersonen. Hierdoor heeft ook deze variabele een enorme spreiding ($331 \leq \text{sec.} \leq 930$). Om deze spreiding weg te werken is er een nieuwe variabele aangemaakt die het verschil in T_{MAX} weergeeft (Verschil = T_{MAX} met cafeïne - T_{MAX} zonder cafeïne). Deze uitkomsten zijn weergegeven in figuur 7. Hieruit bleek dat de meeste proefpersonen langer bleven fietsen nadat zij cafeïne hadden genuttigd. Opnieuw



Figuur 7. Het verschil in T_{MAX} voor alle proefpersonen na cafeïne inname in vergelijking met placebo (T_{MAX} met cafeïne - T_{MAX} zonder cafeïne). Ook zijn de verschillende groepen weergegeven.

leek proefpersoon 2 in deze figuur af te wijken en daarom is deze studentized berekend. Hierdoor bleek deze proefpersoon opnieuw een uitbijter te zijn ($SRE = -2,12$; $Eis: -2,00 \leq SRE \leq 2,00$). De data van deze proefpersoon



Figuur 8. Per groep het verschil in T_{MAX} na cafeïne inname in vergelijking met placebo (T_{MAX} met cafeïne - T_{MAX} zonder cafeïne). Het gemiddelde verschil in T_{MAX} is significant hoger na cafeïne inname ($P=0,001$).

Tussen de groepen is er geen significant verschil.

zijn dan ook als onbruikbaar beschouwd en niet meegenomen in de rest van het onderzoek naar de verschillen in T_{MAX} . Nadat deze gegevens uit de data waren verwijderd kon de repeated measure toets worden toegepast. Figuur 8 laat de gemiddeld langer gefietste tijd zien wanneer er cafeïne is genuttigd in plaats van placebo. Dit verschil is significant hoger ($P=0,001$). Hieruit is op te maken dat dit onderzoek het ergogene effect van cafeïne op de tijd tot uitputting, zoals dit ook werd gevonden in de onderzoeken van Jackman et al. (1996), Flinn et al. (1990) en Mc Naughton (1986), bevestigt. Ook zij vonden dat proefpersonen langer bleven fietsen nadat zij cafeïne hadden genuttigd. Het spreekt echter de resultaten van Karapaetian et al. (2012) en Dodd et al. (1991) tegen. Zij konden geen significant verschil aantonen in tijd tot uitputting wanneer er met cafeïne werd ingespannen in vergelijking tot dezelfde inspanning zonder cafeïne. Wanneer de proefpersonen in de drie groepen werden

ingedeeld leek groep 1 meer invloed van cafeïne te ondervinden dan groep 2 en groep 3 (figuur 8). Wanneer de multiple comparisons toets Scheffe werd uitgevoerd bleek dat er geen significant verschil bestond tussen de groepen (Groep 1 met groep 2: $P=0,994$; Groep 1 met groep 3: $P=0,630$; Groep 2 met groep 3: $P=0,530$).

DISCUSSIE

Uit dit onderzoek is gebleken dat cafeïne een significant ergogeen effect heeft op P_{MAX} en op de T_{MAX} wanneer er een maximale inspanningstest op een fietsergometer wordt uitgevoerd. Deze resultaten komen overeen met de huidige literatuur (Jackman et al., 1996, Flinn et al., 1990 & Mc Naughton, 1986). Dat er soms geen ergogeen effect van cafeïne wordt gevonden (Karapaetian et al., 2012 & Dodd et al., 1991) kan te maken hebben met de proefpersonen die zij voor hun onderzoek hebben gebruikt.

Ondanks dat het niet significant aan te tonen is, was er in dit onderzoek wel een verschil in ergogeen effect van cafeïne te zien bij de drie verschillende groepen proefpersonen die de maximale inspanningstest aflegden. Groep 1, fietsers, leek namelijk meer effect te hebben van cafeïne dan groepen 2 en 3, respectievelijk de niet-fietsende sporters en niet-sporters. Dat dit verschil niet significant is, kan te maken hebben met het kleine aantal proefpersonen dat heeft deelgenomen aan dit onderzoek ($n=15$), die werden opgedeeld in drie groepen (per groep: $n=5$). Een vervolgstudie, waarin meer proefpersonen per groep ingedeeld moeten worden, zou kunnen uitwijzen of de spreidingen binnen de groepen kleiner worden en hierdoor wel een significant verschil ontdekt kan worden.

Opmerkelijk in dit onderzoek is dat er bij niet-sporters en niet-fietsende sporters bijna geen verschil in ergogeen effect ontdekt kan worden. Dit is tegen de verwachting in, dat getrainde proefpersonen (onafhankelijk in

welke sport) meer invloed zouden ondervinden van cafeïne dan ongetrainde proefpersonen, zoals bleek uit de literatuur (Karapaetian et al., 2012, Anderson et al., 2000, Denadai et al., 1998, Dodd et al., 1991, Flinn et al., 1990 & Mc Naughton, 1986). Dit zou betekenen dat het ook van belang is voor vervolgonderzoek dat proefpersonen sportspecifiek zijn getraind om een ergogeen effect van cafeïne te kunnen onderzoeken.

Graham (2001), geeft in zijn review mogelijke verklaringen voor een verschillend ergogeen effect van cafeïne bij verschillende soorten groepen proefpersonen. Zo noemt hij dat spieren en andere weefsels van goed getrainde sporters beter reageren op cafeïne. Een andere verklaring volgens zijn review kan zijn dat goed getrainde sporters meer mentale discipline op kunnen brengen om lang genoeg door te gaan om van de cafeïne stimulatie te ondervinden. Eerstgenoemde verklaring lijkt minder waarschijnlijk naar aanleiding van dit onderzoek, gezien het feit dat fietsers cafeïne meer lijken te benutten dan sporters die niet fietsen, terwijl zij ook getrainde beenspieren hebben (voetballers en volleyballers). De tweede verklaring die hij noemt zou wel van toepassing kunnen zijn. Het is immers aannemelijk dat fietsers mentaal meer gestimuleerd worden om te presteren wanneer ze moeten fietsen dan wanneer niet-fietsende sporters of niet-sporters moeten fietsen. Om dit te kunnen bevestigen zal hier meer onderzoek naar gedaan moeten worden.

Er zijn een aantal kwesties waar rekening mee gehouden moet worden tijdens vervolgstudies. Zo is twee weken tussen de twee afzonderlijke inspanningstesten die de proefpersonen afleggen vrij lang. Zeker wanneer er gewerkt wordt met topsporters die gebruik maken van trainingscycli. Zij kunnen binnen twee weken in verschillende trainingsperiodes zitten wat mogelijk effect heeft op de prestaties (Kloosterboer, 1996).

Ook kan de soort voeding en de inspanning twee dagen voorafgaand aan de testen invloed hebben op de prestaties. In dit onderzoek is hier geen rekening mee gehouden. In vervolgonderzoek zou hier wel rekening mee gehouden moeten worden, aangezien het wel invloed kan hebben op de sportprestaties (Macdermid et al., 2006).

Verder kan er een groep proefpersonen toegevoegd worden, door onderscheid te maken tussen amateur fietsers en topsport fietsers. In dit onderzoek is één topsport fietser getest, maar vanwege zijn grote negatieve afwijking ten opzichte van de andere proefpersonen voor de variabelen P_{MAX} en T_{MAX} viel hij weg als uitbijter (respectievelijk $SRE = -2,04$ en $SRE -2,12$; $Eis: -2,00 \leq SRE \leq 2,00$). Zijn data zijn niet meegenomen in het onderzoek naar deze variabelen, omdat hij een grote invloed had op de uitkomsten hiervan, terwijl hij eigenlijk niet thuis hoort in de groep amateur fietsers, die zijn getest voor groep 1. Aangezien er slechts één topsport fietser is getest konden zijn waarden niet vergeleken worden met vergelijkbare proefpersonen. Hierdoor is het onbekend of de negatieve invloed van cafeïne, die bij hem werd gevonden, gebruikelijk is bij topsporters.

Een laatste punt is dat er kritisch gekeken moeten worden naar de inname van cafeïne en placebo. In dit onderzoek konden twaalf van de vijftien proefpersonen proeven welke van de twee keer zij cafeïne hadden genuttigd. Ondanks dat de proefpersonen allemaal twee keer eenzelfde maximale inspanning hebben geleverd is het objectiever om er in het vervolg voor te zorgen dat de proefpersonen niet weten welke keer zij cafeïne of placebo toegediend krijgen.

Ten slotte is het interessant om op te merken dat proefpersonen langer kunnen blijven fietsen en een hoger vermogen behalen, terwijl hun VO_{2_MAX} en HR_{MAX} gelijk blijven. Dit zou kunnen duiden op een eerder

genoemde theorie over de werking van cafeïne, namelijk een glycogeensparing in de spieren (Koffie en gezondheid, 2012, Davis et al., 2009 & Graham, 2001). Glycogeen kan zowel aeroob als anaeroob worden omgezet in energie. Aeroob wordt dit energiesysteem gebruikt om een matige inspanning op gang te helpen, totdat de vetverbranding de energietoevoer naar de spieren grotendeels overneemt (Kloosterboer, 1996). Volgens bovenstaande theorie over de werking van cafeïne wordt de vetverbranding door cafeïne sneller op gang geholpen waardoor glycogeen minder lang gebruikt hoeft te worden (Koffie en gezondheid, 2012, Davis et al., 2009 & Graham, 2001). Deze overgebleven glycogeenvoorraad kan worden gebruikt wanneer de inspanning zwaarder wordt en er anaerobe verbranding plaats vindt. Bij de anaerobe verbranding van glycogeen komt veel lactaat vrij. Inschakeling van dit energiesysteem betekent dan ook dat de inspanning niet lang meer volgehouden kan worden (Kloosterboer, 1996). Het vormen van melkzuur kan teruggevonden worden in de Respiratory Exchange Ratio (RER-waarde). De RER-waarde wordt hoger wanneer er meer afvalstoffen, zoals melkzuur worden geproduceerd (Morree, de, 2011 & Houtman, 2003). Tijdens dit onderzoek is de gasanalyse gestopt zodra de proefpersonen uit gingen fietsen. Aangezien de RER-waarde nog doorstijgt na het beëindigen van de inspanning is er geen vergelijking kunnen maken tussen RER-waardes met en zonder cafeïne. Het is van toegevoegde waarde om een vervolgonderzoek te doen naar de maximale RER-waardes van proefpersonen wanneer zij een maximale inspanningstest doen met en zonder cafeïne. Wanneer de maximale RER-waardes hoger liggen nadat er cafeïne is genuttigd zou het kunnen duiden op een hogere melkzuurproductie die mogelijk wordt veroorzaakt door een grotere voorraad

glycogeen die verbrand kan worden in spieren tijdens de anaerobe fase van de inspanning.

CONCLUSIE

In deze studie is nagegaan of verschillende groepen proefpersonen verschillende effecten van cafeïne ondervinden tijdens een maximaaltest op een fietsergometer.

Door alle proefpersonen twee maximale inspanningstesten uit te laten voeren nadat zij cafeïne of placebo toegediend hadden gekregen konden de resultaten worden vergeleken. Hieruit bleek dat cafeïne een significant positief effect had op P_{MAX} ($P=0,002$) en op T_{MAX} ($P=0,011$). Er werd dus een hoger vermogen behaald en er werd langer ingespannen nadat er een dosis (4mg/kg) cafeïne was genuttigd.

Wanneer de proefpersonen in drie groepen werden ingedeeld (fietsers, niet-fietsende sporters en niet-sporters) leken de fietsers meer profijt van cafeïne te hebben dan niet-fietsende sporters en niet-sporters. Dit bleek echter niet significant te zijn voor zowel P_{MAX} (Groep 1 met groep 2: $P=0,995$; Groep 1 met groep 3: $P=0,700$; Groep 2 met groep 3: $P=0,612$) als voor T_{MAX} (Groep 1 met groep 2: $P=0,994$; Groep 1 met groep 3: $P=0,630$; Groep 2 met groep 3: $P=0,530$). Er was dus niet een bepaalde groep met proefpersonen die meer profiteerde van de cafeïne dan een andere groep.

Hoewel er geen harde conclusie kan worden getrokken uit dit onderzoek, was er een duidelijk verschil te zien tussen de fietsers met de niet-fietsende sporters en de niet-sporters. Vervolgonderzoek zal dus moeten uitwijzen of dit verschil wel significant aan te tonen is wanneer er meer proefpersonen per groep worden getest. Hieruit zou kunnen blijken dat sportspecifieke proefpersonen een groter ergogeen effect van cafeïne ondervinden dan proefpersonen die getraind zijn in een andere tak van sport of helemaal niet getraind zijn. Voor onderzoek, in hoeverre cafeïne een

ergogeen effect heeft, en of het om deze reden thuis hoort op de dopinglijst, zullen dan proefpersonen gekozen moeten worden die getraind zijn in de sport die getest wordt.

Daarnaast bleek uit dit onderzoek dat de proefpersonen meer vermogen konden leveren en langer konden blijven fietsen nadat zij cafeïne hadden genuttigd, terwijl de

VO₂_MAX niet steeg. Dit zou kunnen duiden op een toename van de anaerobe verbranding, veroorzaakt door een sparing van spierglycogeen tijdens de aerobe fase van de inspanning. Deze sparing zou kunnen worden veroorzaakt door het eerder op gang komen van de vetverbranding onder invloed van cafeïne.

LITERATUUR

- Anderson, M.E., Bruce, C.R., Fraser, S.F., Stepto, N.K., Klein, R., Hopkins, W.G. & Hawley, J.A. (2000). Improved 2000-meter rowing performance in competitive oarswomen after caffeine ingestion. *International Journal of Sport, Nutrition, and Exercise Metabolism*, 10 (4), 464-475.
- Bell, D.G. & McLellan, M.M., (2002). Exercise endurance 1, 3, and 6 h after caffeine ingestion in caffeine users and nonusers. *Journal of Applied Physiology*, 93 (4), 1227-1234.
- Burgerhout, W.G., Mook, G.A., Morree, de, J.J. & Zijlstra, W.G. (2006). *Fysiologie. Leerboek voor paramedische opleidingen*. Maarssen: Elsevier gezondheidszorg.
- Coso, D.J., Munõz, G. & Munõz-Guerra, J. (2011). Prevalence of caffeine use in elite athletes following its removal from the world anti-doping agency list of banned substances. *Applied Physiology, nutrition, and metabolism*, 36 (4), 555-561.
- Davis, J.K. & Green, J.M. (2009). Caffeine and anaerobic performance. Ergogenic value and mechanisms of action. *Sports medicine*, 39 (10), 813-832.
- Denadai, B.S. & Denadai, M.L.D.R. (1998). Effects of caffeine on time to exhaustion in exercise performed below and above the anaerobic threshold. *Brazilian Journal of medical and biological research*, 31 (4), 581-585.
- Dodd, S.L., Brooks, E., Powers, S.K. & Tulley, R. (1991). The effects of caffeine on graded exercise performance in caffeine naive versus habituated subjects. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 62 (6), 424-429.
- Flinn, S., Gregory, J., Mc Naughton, L.R., Tristram, S. & Davies, P. (1990). Caffeine Ingestion Prior to Incremental Cycling to Exhaustion in Recreational Cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, 11 (3), 188-193.
- Ganio, M.S., Klau, J.F., Casa, D.J., Armstrong, L. & Maresh, C.M. (2009). Effect of caffeine on sport-specific endurance performance: A systematic review. *The Journal of Strength and Conditioning*, 23 (1), 315-324.

- Graham, T.E. (2001). Caffeine and exercise. Metabolism, endurance and performance. *Sports medicine*, 31 (11), 785-807.
- Houtman, I.L.D., Schlatman, H.F.P.M. & Poel, van der, G.M. (2003). *Fysiologie voor de sportpraktijk*. Maarssen: Elsevier gezondheidszorg.
- Jackman, M., Wendling, P., Friars, D. & Graham, T.E. (1996). Metabolic, catecholamine, and endurance responses to caffeine during intense exercise. *Journal of Applied Psychology*, 81 (4), 1658-1663.
- Karapaetian, G.K., Engels, H.J., Gretebeck, K.A. & Gretebeck, R.J. (2012). Effect of caffeine on LT, VT and HRVT. *International Journal of Sports Medicine*, 33 (7), 507-513.
- Keisler, B.D. & Armsey, T.D. (2006). Caffeine as an ergogenic aid. *Current sports medicine reports*, 5 (4), 215-219.
- Kloosterboer, T. (1996). *Elementaire trainingsleer en trainingsmethoden*. Baarn: De Fontein | Tirion uitgevers.
- Koffie en bewegen. (2012). *Brochure Kenniscentrum koffie en gezondheid*. Rijswijk: Kenniscentrum koffie en gezondheid.
- Macdermid, P.W. & Stannard, S.R. (2006). A whey-supplemented, high-protein diet versus a high-carbohydrate diet: effects on endurance cycling performance. *International Journal of Sport Nutrition and exercise metabolism*, 16 (1), 65-77.
- Mc Naughton, L.R. (1986). The influence of caffeine ingestion on incremental treadmill running. *British Journal of Sports Medicine*, 20 (3), 109-112.
- Morree, de, J.J. (2009). *Dynamiek van het menselijk bindweefsel. Functie, beschadiging en herstel*. Houten: Bohn Stafleu van Loghum.
- Whaley, M.H., Brubaker, P.H., Otto, R.M. & Armstrong, L.E. (2005). *ACSM's Guidelines For Exercise Testing And Prescription*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

BIJLAGEN

1. Vragenlijsten

1. Naam: _____
2. Geboortedatum en plaats: _____
3. Geslacht: _____
4. Woonplaats: _____
5. Huisarts + telefoonnummer: _____
6. Welke sport(en) beoefen je, hoeveel uur in de week en in wat voor verband (recreatief of op wedstrijdniveau)?

Sport 1: _____

Sport 2: _____

Sport 3: _____

7. Hoeveel en welke cafeïne bevattende consumpties nuttig je op een dag? Denk aan koffie, thee, cola, energy drank, chocolademelk en chocolade.

1. Welke consumptie die cafeïne bevat heb je als laatste op? (Koffie, thee, chocolade, cola, chocomelk, energy drank)

2. Hoe lang is dit geleden?

3. Welke alcoholische consumptie heb je als laatste op?

4. Hoe lang is dit geleden?

5. Ben je minder dan vier weken geleden voor het laatst ziek geweest? Zo ja, waar had je last van?

Anamneseformulier

Vraag	J	N	?
Is er bij uw vader, broer, of zoon voor de leeftijd van 55 jaar of bij uw moeder, zus, of dochter voor de leeftijd van 65 jaar een hartinfarct of plotse dood opgetreden of een bypass-operatie uitgevoerd?			
Rookt u of bent u recentelijk (binnen afgelopen half jaar) gestopt met roken?			
Heeft u hoge bloeddruk (bovendruk > 140, onderdruk > 90)			
Gebruikt u medicijnen tegen een hoge bloeddruk?			
Heeft u een hoog cholesterolgehalte (boven de 5.2)?			
Gebruikt u medicijnen tegen een hoog cholesterolgehalte?			
Heeft u diabetes (suikerziekte)?			
Beoefent u regelmatig één of meer actieve sporten? Zo nee, levert u op de meeste dagen vd week gedurende 30 minuten per dag een matige lichamelijke inspanning?			
Heeft u wel eens pijn op de borst?			
Bent u wel eens kortademig in rust of bij lichte inspanning?			
Heeft u vaak last van duizeligheid?			
Valt u wel eens flauw?			
Heeft u wel eens duidelijk opgezette enkels?			
Heeft u regelmatig last van hartkloppingen?			
Gaat uw hart in rust wel eens heel snel (Boven de 100 per minuut)?			
Heeft u wel eens last van erge pijn in uw benen tijdens het lopen?			
Heeft u een hartafwijking (bijv. geruis)?			
Bent u wel eens abnormaal moe bij normale activiteiten?			
Heeft u astma, bronchitis, of andere longaandoening?			
Heeft u een schildklierandoening?			
Heeft u een leverziekte?			
Gebruikt u geregeld geneesmiddelen? Zo ja, welke?			
Bent u ooit om gezondheidsredenen afgekeurd?			
Voelt u zich op dit moment gezond?			

Datum:

Handtekening:

2. Tabel literatuur

Artikel	Proefpersonen	Onthouding	Tijdstip van testen	Tijdstip van inname	Vorm van cafeïne	Dosis cafeïne	Protocol	Effect
Karapatian et al. (2012)	Studenten 4 vrouwen 6 mannen	24 uur geen cafeïne. 10 uur van tevoren vasten	's morgens	1 uur voor aanvang van de test	Cafeïne gemengd in cola / cafeïne vrije cola	5 mg / kg lichaamsgewicht	Maximaal test. Start 25 watt. 3 min + 25 watt. Minimaal 50 omwentelingen	Rust: Lactaatconcentratie en zuurstofopname hoger. Sub-maximaal en maximaal alle variabelen gelijk. → Geen effect
Anderson et al. (2000)	Competitieve roeiers 8 vrouwen	72 uur geen cafeïne en alcohol. 24 uur van tevoren dieet voorgeschreven. 8 tot 12 uur voor de test gevestigd.	Elke keer op hetzelfde tijdstip van de dag	45 minuten voor aanvang van de test	Capsule ingenomen met water / glucose (placebo)	6 of 9 ml cafeïne per kg lichaamsgewicht	4 min. Warming up op 60% HRmax. 1 min rust 6 min roeien op 80% HRmax. 3 min rust. 2000 meter time trial.	Geen verschil in VO ₂ , VCO ₂ en HR. Minuutventilatie hoger met 9mL/kg cafeïne. 1 ^e 500m sneller met 9mL/kg. 3 ^e 500m sneller met 6 mL/kg. Totaaltijd significant sneller met 9 mL/kg, net als power output. → Wel effect
Mc Naughton (1986)	Recreatief getrainde teamsporters 12 mannen	Minimaal 6 uur voor de test is er gevestigd.		50 minuten voor aanvang van de test.	Opgelost in 5g decafé koffie en 350 ml warm water / Placebo (decafé koffie)	10mg/kg lichaamsgewicht cafeïne + 5g decafé koffie OF 15mg/kg lichaamsgewicht cafeïne + 5g decafé koffie	45 minuten met een snelheid op 70-75% van de VO ₂ max lopen. Daarna per 2 minuten 0,5 km/h erbij.	HR in rust is hoger bij inname hoge dosis cafeïne. Tijd tot uitputting is hoger bij inname hoge dosis cafeïne. RER is lager bij hoge dosis cafeïne. → Wel effect

Denadai et al. (1998)	Ongetrainde, niet reguliere cafeïne gebruikers 8 mannen	24 uur geen cafeïne inname		1 uur voor de test	Opgelost in 5g decafé koffie en 150mL water/ placebo (decafé koffie)	5 mg/kg lichaamsgewicht	10% onder anaerobe drempel met en zonder cafeïne. 10% boven anaerobe drempel met en zonder cafeïne.	Eigen waargenomen inspanning was lager en tijd tot uitputting was hoger bij inspanning onder de anaerobe drempel na cafeïne inname. Geen effect boven anaerobe drempel. → wel en geen effect
Dodd et al. (1991)	Matig getraind, verdeeld in 2 groepen. 1. Drinkt minder dan 25 mg/dag cafeïne. 2. Drinkt meer dan 300 mg/dag cafeïne. 17 mannen	Nuchter getest		1 uur voor de test	Capsule / placebo (gelatine capsule)	3 mg/kg lichaamsgewicht OF 5 mg/kg lichaamsgewicht	Beginnen op 50 Watt en iedere 2 minuten verhoogd met 30 Watt. Doorgaan tot uitputting	Weinig cafeïne gebruikers verhoogde HR en ventilatievolume in rust. Geen significante verschillen voor VO ₂ , VE, RER, HR, lactaatdrempel en ventilatoire drempel in beide groepen. → geen effect

Flinn et al. (1990)	Recreatieve fietsers met weinig dagelijks cafeïne gebruik. 9 mannen.	Nuchter getest		3 uur van tevoren	Cafeïne / placebo	10 mg/kg lichaamsgewicht	Beginnen op 100 watt, iedere 3 minuten met 50 watt verhoogt. Doorgaan tot uitputting	Het duerde langer voordat de proefpersonen stopte vanwege uitputting en ze traptte een hoger vermogen weg. De lactaatrempel kwam op een hoger percentage van de VO_2max te liggen. RER was lager tussen 250 en 450 watt. → wel effect
Jackman et al. (1996)	Recreatieve duursporters 3 vrouwen 11 mannen	48 uur van tevoren geen cafeïne inname en voorbereiding als voor een wedstrijd (veel koolhydraten en rust)		1 uur van tevoren	Capsule / gelatine capsule (placebo)	6 mg/kg lichaamsgewicht	2 min fietsen met een vermogen dat gelijk staat aan de VO_2max . Dan 6 min rust, nog een keer 2 min fietsen op VO_2max en weer 6 min rust. Daarna 3 ^e keer fietsen met hetzelfde vermogen, tot uitputting.	Gemiddeld fietsen de proefpersonen significant langer na de cafeïne inname. → Wel effect