



*Faculteit Geneeskunde en Gezondheidswetenschappen
Vakgroep Bewegings- en sportwetenschappen
Opleiding Lichamelijke Opvoeding
Academiejaar: 2006-2007*

***Effect van mondspoeling of inname van koolhydraatrijke
sportdranken op de tijdritprestatie op de fiets***

Scriptie voorgelegd tot het behalen
van de graad Licentiaat in de
Lichamelijke Opvoeding.

Promotor: Prof. Dr. W. Derave
Co-promotor: Prof. Dr. J. Bouckaert

Door: Wim Gilis
Toos Roels

Voorwoord

Deze scriptie, een intensieve opdracht en een werk van lange adem, is het finale proces ter voltooiing van onze opleiding. De vele uren die we in het labo hebben doorgebracht, werden rijkelijk gecompenseerd door de verrassende en opmerkelijke resultaten.

Graag hadden wij enkele mensen willen bedanken die onmisbaar waren in het volmaken van onze scriptie:

- *Prof. Dr. W. Derave, onze promotor, enerzijds voor zijn vakkundige begeleiding, zowel op praktisch als op theoretisch gebied, anderzijds voor zijn steun en motiverende bijdrage.*
- *Prof. Dr. J. Bouckaert, onze co-promotor, voor zijn deskundige begeleiding tijdens de selectieproeven.*
- *Mevr. M. De Brie, voor het samenstellen van de drank tijdens de experimentele testen.*
- *Lic. A. Pottier, voor zijn assistentie tijdens enkele experimentele testen.*
- *En last but not least, onze proefpersonen, voor hun vrijwillige deelname, tomeloze inzet en enthousiasme.*
- *Onze families, voor het kritisch overlezen van de voorlopige versies.*

*Toos Roels
& Wim Gilis*

Abstract

Doel: Verscheidene studies toonden een ergoogeen effect aan bij relatief korte (~1u) inspanningen aan hoge intensiteit als gevolg van het innemen van koolhydraten. Uit onderzoek van Carter en collega's in 2004 bleek dat het spoelen met koolhydraten een prestatiebevorderend effect veroorzaakt bij gelijkaardige inspanningen.

Het doel van deze studie was om verder onderzoek te verrichten betreffende het mogelijke prestatiebevorderende effect van het spoelen met koolhydraten bij prestaties van korte duur (~1u) aan hoge intensiteit. Anderzijds werd verder onderzoek gevoerd naar het effect van koolhydraatinname.

Methode: Drieëntwintig proefpersonen namen deel aan dit onderzoek. Uit deze groep vervulde twaalf personen de experimentele testen. Deelnemers kregen de opdracht een bepaalde hoeveelheid arbeid in een gesimuleerde tijdrit zo snel mogelijk te verrichten. Vooreerst werd een gewinningstest uitgevoerd, gevolgd door vier experimentele testen. Elke test ging gepaard met een verschillende vorm van dranktoediening: spoelen met en drinken van een koolhydraatrijke drank (6% glucose/sucrose) of een ononderscheidbare placebodrank zonder koolhydraten. Dit gebeurde op basis van een gerandomiseerd within subject design, waarbij elke proefpersoon alle tests uitvoerde.

Resultaten: De eindtijden van de vier verschillende experimenten, namelijk het spoelen met placebo of Gatorade en het drinken van placebo of Gatorade, waren respectievelijk 64.1 min ± 6.5 min, 61.7 min ± 5.1 min, 62.5 min ± 6.9 min en 63 min ± 6.9 min. De analyse van de gemiddelde eindtijd aan de hand van Repeated Measures geeft een significant interactie-effect weer tussen de vorm van inname en het al dan niet bevatten van koolhydraten ($p=0.028$). Uit de post hoc test (paired-sample t-test) blijkt dat er een significant verschil is tussen het spoelen met de placebo en Gatorade ($p=0.018$).

Conclusie: Het spoelen met een koolhydraatrijke drank blijkt een prestatiebevorderend effect te veroorzaken. De resultaten van deze studie ondersteunen de bevindingen uit het onderzoek van Carter en collega's uit 2004. Merkwaardig was dat de inname van koolhydraten geen positieve effecten teweegbracht. Hieruit blijkt dat de mond een essentiële factor speelt en het mogelijks een mentaal effect veroorzaakt. Verder onderzoek is noodzakelijk om duidelijkheid te scheppen over de achterliggende mechanismen.

Inhoudsopgave

Voorwoord.....	X
Abstract.....	XX
Inhoudsopgave.....	XXX
A. Inleiding.....	1
<i>Koolhydraten en inspanning</i>	
<i>Doel en hypothese</i>	
B. Methode.....	6
<i>Deelnemers</i>	
<i>Selectieproef</i>	
<i>Procedure experimentele tests</i>	
<i>Gewenningsproef</i>	
<i>Experimentele tests</i>	
<i>Gemeten variabelen</i>	
C. Resultaten.....	11
<i>Volgorde effect</i>	
<i>Behandelingseffect</i>	
○ <i>Parameters intensiteit</i>	
○ <i>Metabole parameters</i>	
D. Discussie.....	18
I. <i>Bevordert het spoelen met een koolhydraatrijke drank</i>	
<i>de prestaties bij relatief korte duur?</i>	
II. <i>Wat zijn de achterliggende mechanismen hiervoor?</i>	
III. <i>Bevordert de inname van koolhydraten de prestaties</i>	
<i>bij relatief korte duur?</i>	
IV. <i>Enkele praktische tips</i>	
V. <i>Algemeen besluit</i>	
E. Referentielijst.....	23

A. Inleiding

Koolhydraten en inspanning

De energielevering in de skeletspier in rust en tijdens fysieke inspanningen van lage intensiteit gebeurt hoofdzakelijk door de oxidatie van vrije vetzuren. Het belang van koolhydraten als bron van energie bij inspanningen neemt toe naarmate de intensiteit toeneemt en de duur van de inspanning afneemt (Fig.1-2). Bij een inspanning van ongeveer één uur, aan een intensiteit van 80% VO_2max , staan koolhydraten in voor 80% van de energielevering.

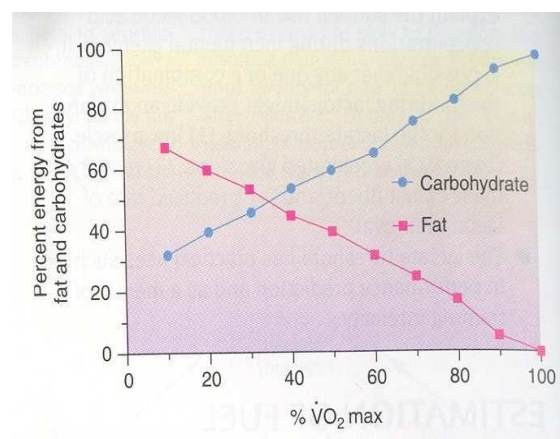
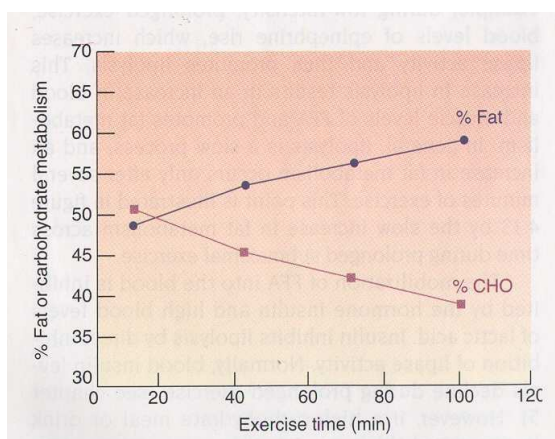


Fig.1. Energiesubstraat en intensiteit (Powers et al. 2001) Fig.2. Energiesubstraat en duur (Powers et al. 2001)

Naargelang de energiebehoefte van het lichaam wordt glucose opgeslagen in de spiercellen en de lever als glycogeen of geoxideerd in de spiercellen voor energie. Deze bron van energie is echter beperkt. Bij uitputting van deze voorraden, bijvoorbeeld als gevolg van langdurige inspanningen, wordt een daling in glucoseoxidatiesnelheid en bloedglucose vastgesteld. Hierdoor treedt vermoeidheid sneller op tijdens inspanning. Het aanvullen van deze energiebron stelt deze vermoeidheidsfactor uit, waardoor prestaties langer volgehouden kunnen worden.

Het ergogeen effect van exogene koolhydraatinnname bij inspanningen van lange duur (> 2u) aan een matige intensiteit (60-75% VO_2max) werd in het verleden al meerdere malen bevestigd (Coggan et al. 1991, Coyle et al. 1983 & 1984, Wright et al. 1991). Betreffende dit prestatiebevorderende effect bestaat bijgevolg consensus. Hiervoor zijn twee onderliggende mechanismen verantwoordelijk, namelijk het onderhouden van de bloedglucoseconcentratie en de stijgende oxidatiesnelheid van koolhydraten tijdens inspanning (Andrew et al. 1987).

De studie van Coyle en collega's onderzocht het effect van het al dan niet toedienen van exogene koolhydraten tijdens een fietsproef van lange duur. Dit werd nagegaan aan de hand van het tijdstip waarop vermoeidheid optrad. Tijdens de conditie waarbij geen koolhydraten werden toegediend, trad vermoeidheid op na drie uur. Eveneens werd een daling in bloedglucose vastgesteld. Echter, tijdens de fietsproef waarbij koolhydraten werden toegediend, werd het tijdstip waarop vermoeidheid optrad met één uur uitgesteld. Eveneens bleven de bloedglucosewaarden op hetzelfde niveau. Hieruit werd geconcludeerd dat inspanningen langer volgehouden kunnen worden als gevolg van het onderhouden van de bloedglucosespiegel.

De voorbije jaren werd echter meer onderzoek verricht betreffende het mogelijke ergoegen effect van orale koolhydraatname bij inspanningen van relatief korte duur (~1u) aan hoge intensiteit (> 75 % VO₂max). Ondanks het feit dat voldoende suikers aanwezig zijn in het lichaam om een inspanning van korte duur af te werken, blijkt dat toediening van exogene koolhydraten een stijging in prestatie kan veroorzaken. Dit ergoegen effect is echter niet zo aanzienlijk in vergelijking met de prestatieverbetering tijdens inspanningen van lange duur. De meningen betreffende dit aspect zijn echter verdeeld. In onderstaande tabel (Tabel 1) wordt een overzicht gegeven van enkele tegenstrijdige bevindingen. De tabel beperkt zich tot de onderzoeken die aan de hand van een fietsproef werden uitgevoerd.

<i>Auteur</i>	<i>Methode</i>	<i>Effect</i>	<i>Resultaat</i>
Anantaraman et al. 1995	60 minuten 90% VO ₂ piek 3 condities: PP/GG/GP*	<i>Ja</i>	Drop off in Power Output: - PP: 10-31.5% verlies t.o.v. startwaarde - GG: 10-21% verlies t.o.v. startwaarde - GP: 6.7%-18.5% verlies t.o.v. startwaarde
Ball et al. 1995	50 minuten hoge intensiteit 2 condities	<i>Ja</i>	CHO** vs. placebo: -significante verschillen in piekvermogen, gemiddeld vermogen en RPE-waarden
El Sayed et al. 1997	1 uur tijdrit 2 condities	<i>Ja</i>	Totaal gemiddelde power output: - CHO: 277W±3 - niet CHO: 269W±3

Tabel 1. Overzicht studies: effect van exogene koolhydraatname tijdens fietsproef van relatief korte duur (~1 uur).

** P: placebo – G: glucose*

*** Koolhydraatrijke drank*

<i>Auteur</i>	<i>Methode</i>	<i>Effect</i>	<i>Resultaat</i>
Jeukendrup et al. 1997	1 uur tijdrit 2 condities	<i>Ja</i>	Gemiddelde workload: - CHO: 297.5W±10.3 - placebo: 291.0W±10.3
Neufer et al. 1987	45 min cte belasting + 15 min prestatietest 77% VO ₂ max 4 condities	<i>Ja</i>	Constance belasting: geen sign. verschillen Prestatietest: totale geleverde arbeid: -Vloeibaar CHO: 175 N.m -Vaste CHO: 176 N.m -Placebo: 159 N.m -CHO pre + vaste CHO: 194 N.m
Below et al. 1995***	50 minuten 80 % VO ₂ max 4 condities	<i>Ja</i>	Gemiddelde geleverde vermogen: - Groot vs. klein volume: 276W±6 vs. 258±6 - CHO vs. placebo: 276W±6 vs. 258±6
Clark et al. 2000	40 km tijdrit 6 condities	<i>Nee</i>	Geen significante verschillen tussen placebo en glucose op basis van eindtijd
McConnell et al. 2000	1 uur 83% VO ₂ max 2 condities	<i>Nee</i>	Geen significante verschillen tussen placebo en glucose op basis van tijd tot uitputting: -CHO: 66.8 ± 6.7 min -placebo: 67.8 ± 10.7 min
Backx et al. 2003	1 uur hoge intensiteit 3 condities	<i>Nee</i>	Geen significante verschillen in afgelegde afstand na 1 uur fietsen: -6.4% CHO oplossing: 43.06 ± 2.09 km -12.8% CHO oplossing: 42.97 ± 2.30km -48% CHO oplossing: 43.24 ± 2.45 km
Desbrow et al. 2004	1 uur hoge intensiteit 2 condities	<i>Nee</i>	Geen significante verschillen in eindtijd tussen placebo en glucose: -CHO: 62:34 6:44 min:sec -placebo: 62:40 5:35 min:sec
Palmer et al. 1998	20 km tijdrit 2 condities	<i>Nee</i>	Geen significante verschillen tussen placebo en glucose op basis van prestatietijd, power output en hartfrequentie

*Tabel 1(vervolg). Overzicht studies: effect van exogene koolhydraatname
tijdens fietsproef van relatief korte duur (~1 uur).*

****Onder zeer warme omstandigheden*

De studie van Carter (Carter et al. 2004) probeerde uitsluitsel te verkrijgen door het verschil na te gaan tussen orale en intraveneuze toediening van glucose tijdens een inspanning van korte duur. De conditie waarbij glucose intraveneus werd toegediend, bracht uiteraard een toename van glucoseopname in de spier teweeg. Echter, de oxidatiesnelheid van glucose bleef op hetzelfde peil. Er werd geen significante verbetering in prestatie ten opzichte van orale toediening van glucose vastgesteld. Deze vaststelling toonde enerzijds aan dat de verhoogde bloedglucosewaarden geen verklaring kan zijn voor het prestatiebevorderende effect bij inspanningen van korte duur. Anderzijds kon hieruit afgeleid worden dat het gastro-intestinale stelsel mogelijk een cruciale factor speelt bij de toediening van exogene glucose.

In een recente studie van Carter en Jeukendrup werd nagegaan of het spoelen met een koolhydraatrijke oplossing eveneens een effect heeft op prestaties bij inspanningen van korte duur ($> 75\% \text{VO}_2\text{max}$). Negen proefpersonen vervulde twee experimentele tests, waarbij ze zo snel mogelijk een hoeveelheid arbeid moesten verrichten. In de ene conditie werd gespoeld met een maltodextrinerijke oplossing, de andere conditie bestond erin te spoelen met water. Beide spoelingen bevatten geen zoete smaak en waren kleurloos.

De conditie waarbij gespoeld werd met de koolhydraatrijke oplossing resulteerde in significant betere eindtijden (Fig.3). Voor deze bevindingen haalden zij als mogelijke verklaring aan dat de aanwezigheid van koolhydraatreceptoren in de mondholte een centraal effect zou veroorzaken. Dit zou vervolgens een invloed uitoefenen op de motivatie. De achterliggende mechanismen zijn echter nog onduidelijk (Jeukendrup et al. 2004).

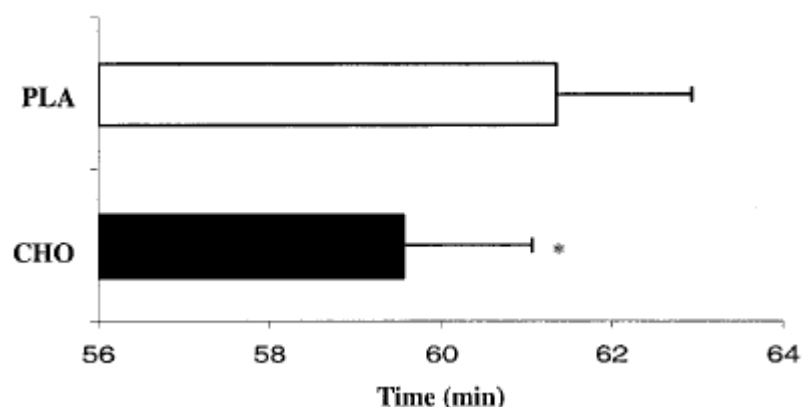


Fig.3. Gemiddelde prestatietijden in CHO en placebo condities (Carter en Jeukendrup 2004)

*significants verschil met placebocondities ($P=0.011$) ($N=9$)

Doel en hypothese

Het doel van huidige studie was het effect nagaan van het toedienen (drinken vs. spoelen) van een al dan niet koolhydraatrijke oplossing tijdens inspanningen van korte duur. In tegenstelling tot het onderzoek van Carter, waar men gebruik maakte van complexe suikers, werd in huidige studie het effect nagegaan van enkelvoudige suikers. Ten tweede werd de vergelijking gemaakt tussen het drinken en het spoelen van een koolhydraatrijke drank. Tot slot werd de vergelijking gemaakt tussen het spoelen met een koolhydraatrijke oplossing en met de placebo. Beide condities waren niet te onderscheiden op basis van hun zoete smaak, viscositeit en kleur. Enkel de koolhydraatrijke oplossing bevatte energie. Eveneens in tegenstelling tot het onderzoek van Carter, waar geen bloedstalen werden genomen, ging men in huidig onderzoek de metabole parameters na. Lactaat- en glucosewaarden werden gemeten uit een capillair bloedstaal.

De hypothese stelt dat het drinken of spoelen van een koolhydraatrijke oplossing tijdens inspanningen van relatief korte duur (~1 uur) aan een hoge intensiteit (75% VO_2max) geen prestatiebevorderende effecten veroorzaakt.

B. Methode

Deelnemers

Twaalf goed getrainde mannelijke fietsers, afkomstig uit de triatlon, de duatlon of het wielermilieu participeerden in dit onderzoek, welke goedgekeurd werd door het Ethische Comité van het Universitair Ziekenhuis Gent. Allen ondertekenden het informed consent formulier. De karakteristieke gegevens van de proefpersonen zijn weergegeven in Tabel 2.

<i>Subject</i>	<i>Leeftijd (jaren)</i>	<i>Lengte (cm)</i>	<i>Gewicht (kg)</i>	<i>VO₂piek (ml/kg.min)</i>
BY	28	176.0	63.5	60.2
WM	28	170.0	60.0	69.4
CD	31	186.0	75.4	59.4
TB	42	176.0	66.5	61.2
SL	36	178.0	64.3	61.4
DV	34	182.0	75.9	58.7
NB	22	186.0	83.9	59.5
SG	31	190.0	76.5	64.5
KG	28	178.0	68.7	63.8
TD	28	183.5	74.6	/
JV	29	180.0	74.0	60.4
BP	25	183.0	78.0	59.7
Gem	30.17	180.7	71.7	61.66
SD	5.25	5.5	7.1	3.14

Tabel 2. Karakteristieken van de proefpersonen (n=12)

Selectieproef

Voorafgaand aan de experimentele tests werd de maximale zuurstofopname (VO₂piek) bepaald in een progressief stijgende inspanningstest tot uitputting. De limiet tot deelname aan het experiment werd vastgelegd op een waarde van 58ml/kg.min. De zuurstofopname werd Breath by Breath geregistreerd met een JAEGER Oxycon Pro systeem. De registratie startte bij het bereiken van een hartfrequentie van 160 slagen per minuut. In totaal namen drieëntwintig personen deel aan de selectieproef. Daarvan haalden zestien het minimum. De deelname van vier personen werd gestaakt wegens hartritmestoornissen, blessures of persoonlijke redenen.

Na een opwarming van 5 minuten aan 100W werd de belasting drie maal met een trap van 50W verhoogd na elke 2.5 minuten. Vervolgens werden de trappen beperkt tot 25W na elke 2.5 minuten. Indien de hartfrequentie te traag steeg, werd een extra trap van 50W ingevoerd. De test werd beëindigd wanneer de trapfrequentie van de proefpersoon daalde onder de 70 omwentelingen per minuut.

Eveneens werd een elektrocardiogram afgenomen bij elke proefpersoon, zowel in rusttoestand als tijdens de inspanningstest. Dit gebeurde om mogelijke cardiale dysfuncties te detecteren. Alle tests werden uitgevoerd op een Lode Excalibur Sports Cycle fietsergometer. Hartfrequentie werd geregistreerd met een POLAR hartslagmeter.

Procedure experimentele tests

Na een korte opwarmingsperiode van 5 minuten aan een belasting van 100W werd een rustpauze van twee minuten ingelast. Vervolgens werd de proefpersonen gevraagd een bepaalde hoeveelheid arbeid zo snel mogelijk te verrichten. Als prestatievariabele werd de tijd gebruikt die nodig was om de hoeveelheid arbeid te leveren.

Om deze hoeveelheid arbeid te berekenen, werd uit de selectieproef het maximale vermogen bepaald. Deze waarde werd als volgt bepaald:

$$W_{\max} = W_{\text{out}} + (t/150) * 25$$

waarbij W_{out} staat voor de laatste trap die volledig werd afgewerkt. De 't' staat voor de afgelegde tijd tijdens de finale trap.

Op basis van deze factor werd de hoeveelheid arbeid berekend. Dit komt overeen met één uur fietsen aan 75% van het maximale vermogen:

$$\text{Totale hoeveelheid kJ} = 3600 * 0.75 * W_{\max}$$

De gemiddelde omwentelingssnelheid (rpm) tijdens de maximale inspanningstest werd bestempeld als voorkeursfrequentie. Vervolgens werd hieruit de lineaire factor berekend. Dit komt overeen met de weerstand tijdens de test.

$$L = (0,75 * W_{\max} / \text{RPM}^2)$$

Bovenstaande variabelen bepaalden de intensiteit van de test. Ze werden vooraf ingevoerd in de LODE apparatuur, die in verbinding stond met de fietsergometer. De enige vorm van feedback voor de proefpersonen was de reeds geleverde arbeid. Dit werd afgebeeld op een computerscherm, met behulp van het programma Labview. Informatie betreffende hartfrequentie, geleverde vermogen en tijd werd niet meegedeeld. Naar wens van de proefpersoon werd een ventilator geplaatst om afkoeling te verlenen.

Gewenningsproef

Voorafgaand aan de experimentele proeven werd een gewenningstest ingelast. Het doel hiervan was drieledig. Ten eerste ter kennismaking met het protocol. Ten tweede werd een eventueel leereffect uitgeschakeld. Tenslotte, indien de proefpersoon 10% afweek van de vooropgestelde eindtijd (60min), werd een aanpassing doorgevoerd bij de lineaire factor en de hoeveelheid arbeid.

Experimentele tests

Voorafgaand aan de experimentele testen werden vier experimenten vastgelegd. Er werd een onderscheid gemaakt in de wijze van dranktoediening, namelijk drinken en spoelen. Verder werd een onderscheid gemaakt tussen een al dan niet koolhydraatrijke drank. De samenstelling van de koolhydraatrijke drank wordt weergegeven in onderstaande tabel (Tabel 3). De placebo bevatte een niet calorische zoetstof. Beide dranken waren niet te onderscheiden naar smaak, kleur en viscositeit.

Tabel 3. Samenstelling van de drank

<i>Gatorade Placebo</i>		
<i>CHO (g)</i>	6.0	0.0
<i>Sucrose (g)</i>	5.4	0.0
<i>Glucose (g)</i>	0.46	0.0
<i>Na⁺ (mg)</i>	41.7	41.7
<i>K⁺ (mg)</i>	12.5	12.5

Het experiment verliep volgens een gerandomiseerd 'within-subjects' design, wat impliceert dat iedere proefpersoon onder elke conditie de tests diende af te leggen. Randomisatie van de testen gebeurde aan de hand van het Latijnse vierkant (Latin Square). De opeenvolging van de testen gebeurde met een tussenpauze van minstens 48 uur. Bij elke proefpersoon werd vooropgesteld alle experimenten uit te voeren in een tijdspanne van vier weken. Negen van de twaalf proefpersonen slaagden hierin. Het onderzoek gebeurde volgens het dubbelblinde principe: noch de proefpersonen, noch de onderzoekers wisten welke drank werd ingenomen of waarmee werd gespoeld. Driehoekstesten werden georganiseerd om eventuele verschillen in smaak en viscositeit van beide dranken op te sporen. Vierendertig personen namen deel aan deze testen. Hieruit bleek dat 24% beide dranken kon onderscheiden. Deze waarde is te laag en wordt bijgevolg toegeschreven aan toeval.

De totale hoeveelheid toegediende drank werd vastgelegd op 14 ml/kg lichaamsgewicht. Voor en na de opwarming kregen de deelnemers respectievelijk 2 ml/kg en 1.5 ml/kg van de voorziene drank toegediend. Bij het bereiken van 12.5%, 25%, 37.5%, 50%, 62.5%, 75% en 87.5% van de hoeveelheid arbeid kregen de proefpersonen eveneens 1.5ml/kg toegediend.

Bij aanvang van elke test werd de klimatologische toestand van het labo gestandaardiseerd. Er werd gestreefd naar een temperatuur van 20°C en een relatieve vochtigheidsgraad tussen 50 en 60%. Om de invloed van externe prikkels bij de proefpersonen te minimaliseren, werd een blauw scherm geplaatst voor de fietsergometer.

Om het onderzoek zo betrouwbaar mogelijk te laten verlopen, kregen de proefpersonen advies betreffende voeding en inspanningen voorafgaand aan de tests. Het voedingsadvies bevatte richtlijnen over de standaardisatie van de koolhydraatname daags voor de test en op de dag van de test zelf. Alsook werd gevraagd geen zware inspanningen te leveren in deze tijdspanne.

Gemeten variabelen

De lactaat- en de glucosewaarden werden gemeten na de opwarming en bij het bereiken van 25%, 50%, 75% en 100% van de totale hoeveelheid arbeid. Dit gebeurde via een capillair bloedstaal uit de vinger. Lactaatmeting gebeurde met behulp van de Lactate Pro Meter. Bij de

glucosemeting werd gebruik gemaakt van een Glucocard X-Meter. Dit werd gemeten bij een subgroep van acht proefpersonen.

Hartfrequentie en tijd werd na elke 12.5% van de tijddrit genoteerd. De proefpersoon werd na elke 25% van de tijddrit gevraagd zijn subjectieve ervaring van vermoeidheid mee te delen aan de hand van de BORG-schaal (schaal van 6 tot 20). Deze waarden werden verwerkt als arbitraire eenheden van RPE (Rating of Perceived Exertion).

C. Resultaten

Volgorde effect

Uit de verwerking van de eindtijden blijkt dat er geen sprake is van een volgorde effect ($p=0.725$). De gemiddelde eindtijden (min) van de vier testen zijn $62.5\text{min} \pm 7.15\text{min}$, $62.9\text{min} \pm 6.3\text{min}$, $63.6\text{min} \pm 5.5\text{min}$ en $62.6\text{min} \pm 6.6\text{min}$.

Behandelingseffect

De eindtijden voor de vier experimenten, namelijk het spoelen met placebo of Gatorade en het drinken van placebo of Gatorade, waren respectievelijk $64.1\text{ min} \pm 6.5\text{ min}$, $61.7\text{ min} \pm 5.1\text{ min}$, $62.5\text{ min} \pm 6.9\text{ min}$ en $63\text{ min} \pm 6.9\text{ min}$. De analyse van de gemiddelde eindtijd (Fig.4) aan de hand van Repeated Measures (2x2 Anova) geeft een significant interactie-effect weer tussen de vorm van inname en het al dan niet bevatten van koolhydraten ($p=0.028$). Uit de post hoc test (paired-sample t-test) blijkt dat er een significant verschil is tussen het spoelen met de placebo en met Gatorade ($p=0.018$). De gemiddelde eindtijd tijdens het spoelen met Gatorade ligt significant lager dan tijdens de spoeling met de placebo ($61.7\text{min} \pm 5.1\text{min}$ vs. $64.1\text{min} \pm 6.5\text{min}$). Dit geeft een gemiddelde stijging in prestatie van 3.7% weer in de conditie met koolhydraten. Een trend tot significantie wordt vastgesteld bij de post hoc testen tussen het spoelen met Gatorade en het drinken ervan ($p=0.095$), waarbij betere eindtijden werden vastgesteld bij het spoelen. Verder blijkt uit de post hoc testen dat er geen significant verschil is tussen het drinken van placebo en Gatorade ($p=0.403$).

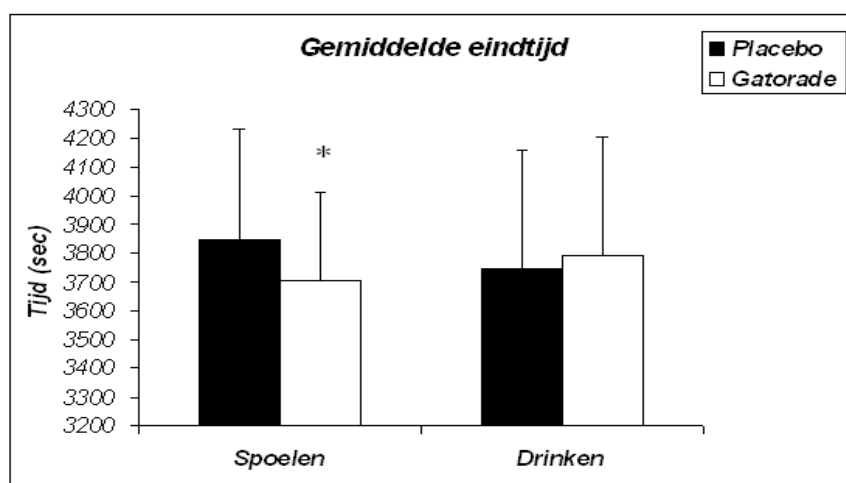


Fig.4. De gemiddelde eindtijden en hun standaarddeviaties voor de vier verschillende condities ($n=12$).
* significant verschil met spoelen placebo ($p<0.05$)

○ *Parameters intensiteit*

De resultaten van de gemiddelde eindtijd sluiten aan bij deze van de gemiddelde wattage (Tabel 4). Het spoelen met de placebo kent een significant lager gemiddelde wattage in vergelijking met de conditie waarbij gespoeld wordt met Gatorade ($p=0.020$) ($256 \pm 31W$ vs. $265 \pm 26W$).

Tabel 4. Gemiddelde wattage voor de vier condities

<i>Subject</i>	<i>Spoelen</i>			<i>Drinken</i>		
	<i>Placebo</i>	<i>KH</i>	<i>Vershil Placebo-KH</i>	<i>Placebo</i>	<i>KH</i>	<i>Vershil Placebo-KH</i>
BY	210,3	231,4	-21,1	226,5	214,5	12,0
WM	252,4	268,0	-15,6	267,1	256,1	11,0
CD	288,0	296,1	-8,1	298,5	303,1	-4,6
TB	209,0	228,9	-19,9	208,6	212,6	-4,0
SL	225,8	227,3	-1,5	225,4	224,5	0,9
DV	253,8	267,0	-13,3	259,9	265,3	-5,4
NB	250,0	249,8	0,3	242,8	230,8	12,0
SG	285,5	291,0	-5,5	299,5	281,8	17,8
KG	254,3	253,1	1,1	249,1	255,9	-6,8
TD	296,0	293,5	2,5	318,3	289,6	28,6
JV	256,0	283,3	-27,3	289,4	285,5	3,9
BP	297,0	290,4	6,6	280,8	304,1	-23,4
Gem	256,5	265,0	-8,5	263,8	260,3	3,5
SD	30,8	26,4	10,8	34,4	33,4	13,7

Tabel 4. Gemiddelde wattage van alle proefpersonen voor de vier verschillende condities (n=12).

Bij het bekijken van het algemene verloop van de gemiddelde wattage (Fig.5) wordt een dalende trend vastgesteld tot 87.5%, gevolgd door een sterke stijging tot het einde van de test. De aanvang van de test (12.5%) wordt gekenmerkt door gelijke waarden in de gemiddelde wattages voor de verschillende condities. Echter, bij het vorderen van de test wordt vastgesteld dat de conditie waarbij gespoeld wordt met Gatorade, een duidelijk hoger gemiddelde wattage vertoont (~8 W) in vergelijking met de conditie waarbij gespoeld wordt met de placebo.

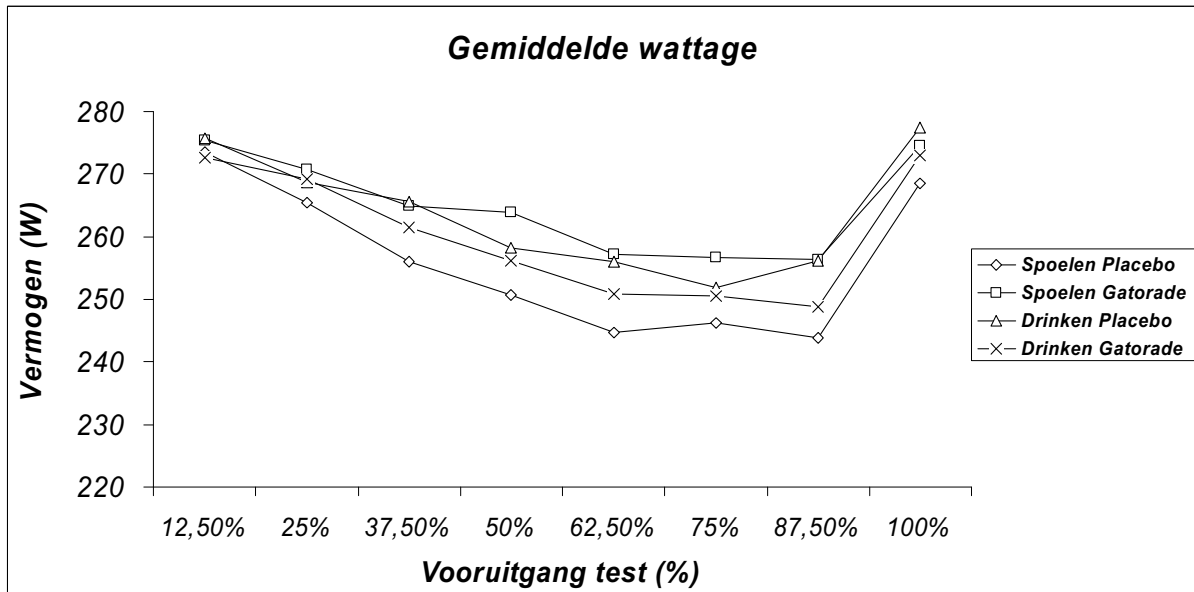


Fig.5. De evolutie van de gemiddelde wattage voor de verschillende condities.

Door de test heen wordt er een stijging van de hartfrequentie waargenomen (Fig.6). Dit fenomeen geldt onder alle condities. De plotse hevige stijging van de hartfrequentie op het einde van de test is analoog met de stijging van de gemiddelde wattage. Er kan vastgesteld worden dat er een verschil is in gemiddelde hartfrequentie van ongeveer 5 slagen per minuut tussen de condities spoeling placebo en spoeling Gatorade.

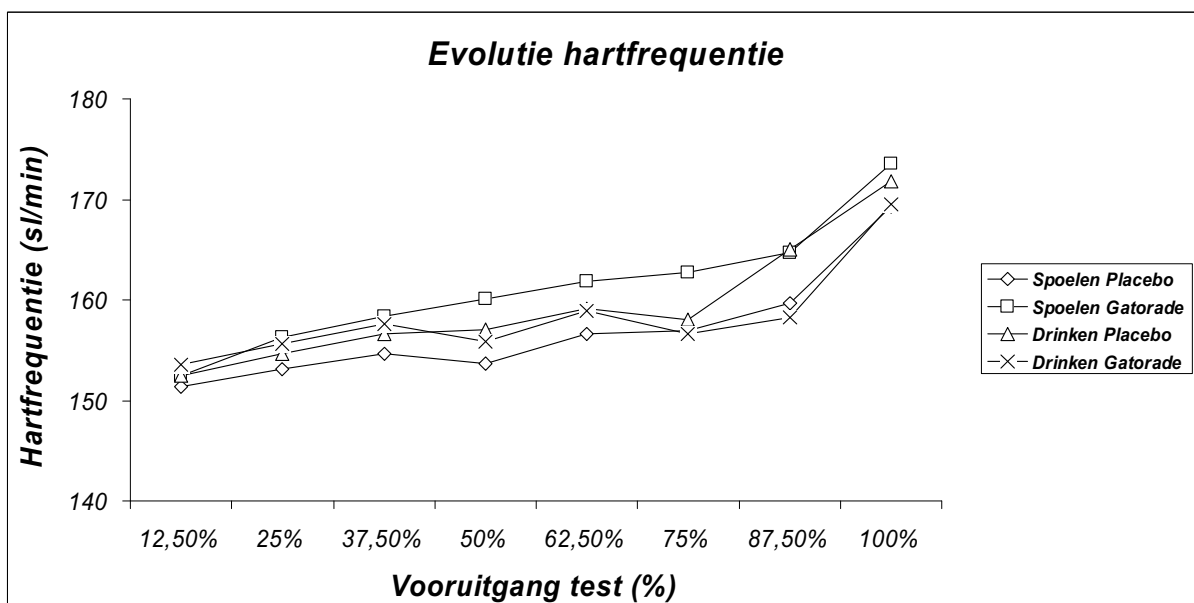


Fig.6. Evolutie hartfrequentie voor de verschillende condities.

Tabel 5. Gemiddelde hartfrequentie (Gem±SD) tijdens de ganse test en p-waarden van hoofdeffecten en interactie-effecten (significantie wordt onderlijnd).

		Spoelen	Drinken	Vorm Inname	KH	Interactie
HF (bpm)	Placebo	157 ± 13	160 ± 14		0.878	0.131
	Gatorade	162 ± 12	159 ± 15			<u>0.023</u>

Uit de analyse van de parameter hartfrequentie blijkt dat er een significant interactie-effect is tussen het al dan niet bevatten van koolhydraten en de vorm van inname (p=0.023). De post hoc testen geven een significant verschil weer tussen het spoelen met de placebo en met Gatorade (p=0.034), alsook tussen het spoelen met en drinken van Gatorade (p=0.037) (Tabel 5).

De Borgschaal (Fig.7) vertoont bij alle condities eenzelfde verloop. Deze wordt gekenmerkt door een lineaire stijging van de start tot het einde van de test. Bij deze parameter worden geen opmerkelijke verschillen vastgesteld.

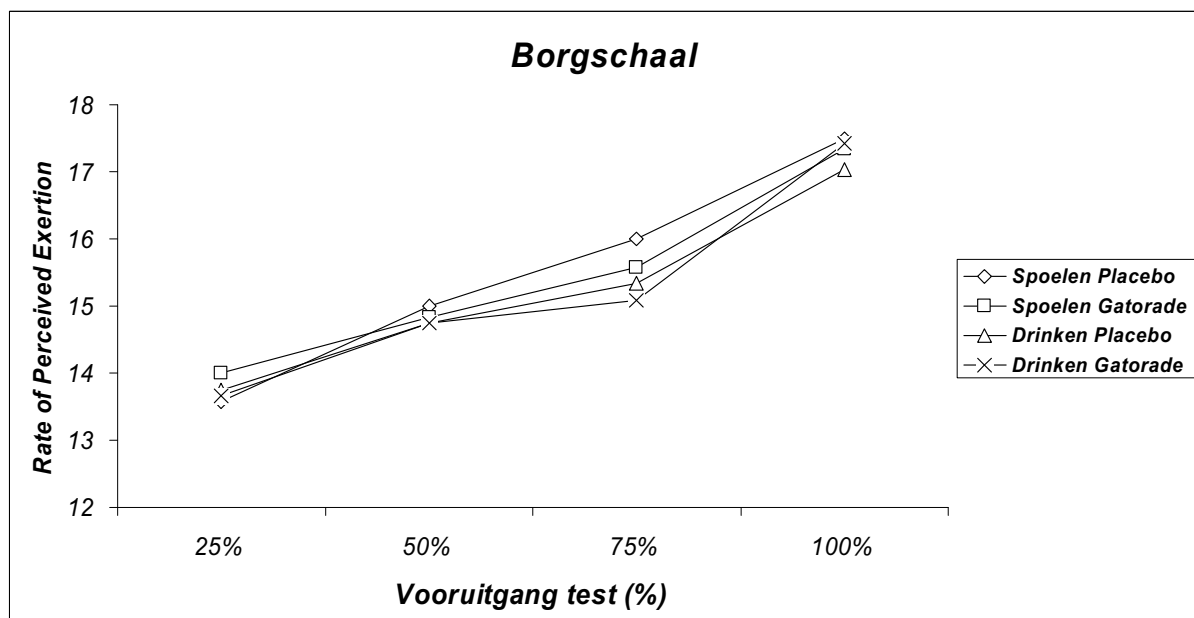


Fig.7. Evolutie van de Borg Schaal uitgedrukt in Rate of Perceived Exertion (n=12).

Tabel 6. Gemiddelde Borgwaarden (Gem±SD) tijdens de ganse test en p-waarden van hoofdeffecten en interactie-effecten (significantie wordt onderlijnd).

		Spoelen	Drinken	Vorm Inname	KH	Interactie
Borg	<i>Placebo</i>	15.5 ± 1.7	15.2 ± 1.4			
	<i>Gatorade</i>	15.4 ± 1.4	15.2 ± 1.5	<u>0.239</u>	<u>0.795</u>	<u>0.847</u>

Dezelfde statistische toetsen zoals bij de parameter hartfrequentie worden eveneens toegepast bij de Borgschaal. Een significant interactie-effect is hier echter niet aanwezig. De hoofdeffecten zijn eveneens niet statistisch significant (Tabel 6).

o *Metabole parameters*

De evolutie van de gemiddelde wattage kan in verband gebracht worden met het verloop van de lactaatwaarden (Fig.8) Ook hier wordt een daling opgemerkt tussen 25% en 75% van de test, eveneens gevolgd door een sterke stijging in lactaatproductie tot het einde van de rit.

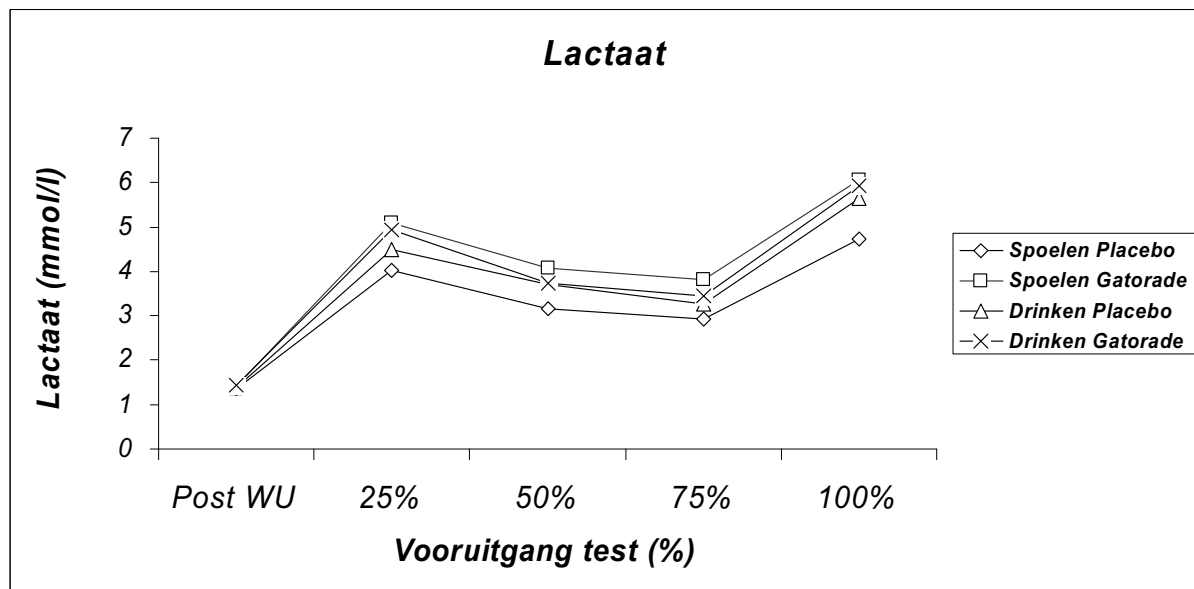


Fig.8. De evolutie van de lactaatwaarden voor de verschillende condities (n=12).

Tabel 7. Gemiddelde lactaatwaarden (Gem±SD) tijdens de ganse test en p-waarden van hoofdeffecten en interactie-effecten (significantie wordt onderlijnd).

		Spoelen	Drinken	Vorm Inname	KH	Interactie
Lactaat (mmol/l)	Placebo	3.24 ± 1.17	3.70 ± 1.32	0.392	<u>0.011</u>	0.159
	Gatorade	4.09 ± 1.45	3.88 ± 1.51			

De analyse van lactaat gebeurt aan de hand van een Repeated Measures (2x2 Anova). Hier wordt een hoofdeffect van koolhydraten vastgesteld (p=0.011). Dit betekent dat de condities waarbij koolhydraten betrokken zijn, significant hogere lactaatwaarden vertonen in vergelijking met de placebocondities (Tabel 7).

Eveneens wordt een gelijklopende evolutie vastgesteld bij de glucosewaarden (Fig.9). Na een vierde van de test dalen de waarden bij alle condities in vergelijking met de beginsituatie (Post Warm Up). Het vervolg wordt gekenmerkt door een algemene stijging bij de vier condities. Dit kenmerk is meer uitgesproken bij de conditie waarbij glucose wordt ingenomen. De waarden zijn in dit geval dan ook beduidend hoger.

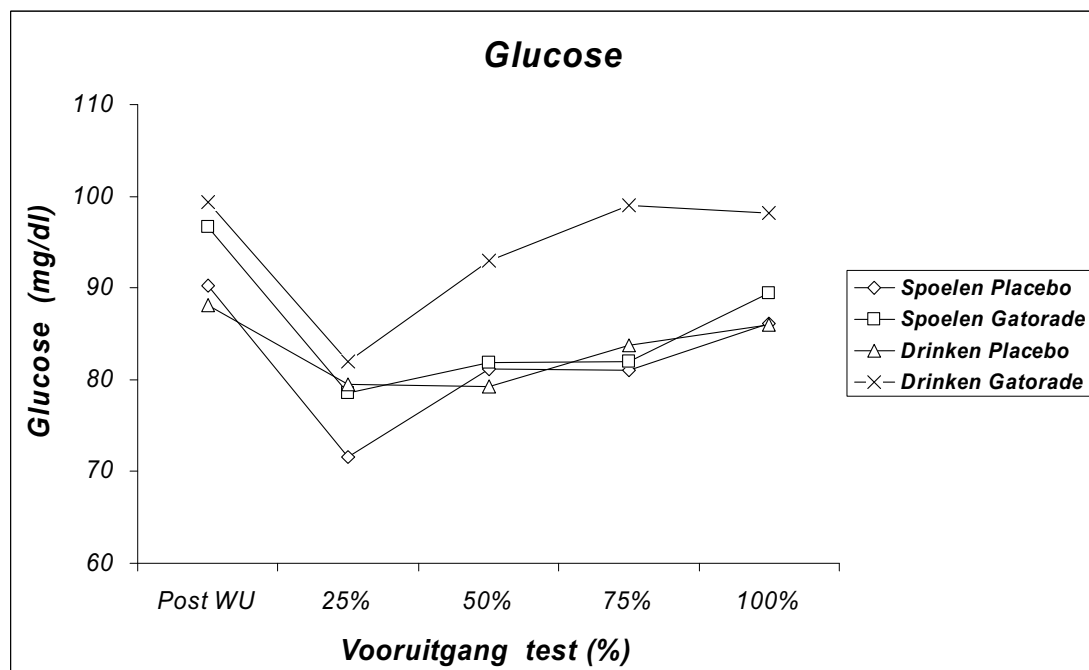


Fig.9. De evolutie van de glucosewaarden voor de verschillende condities bij een subgroep van 8 proefpersonen

Tabel 8. Gemiddelde glucosewaarden ($Gem \pm SD$) tijdens de ganse test en p-waarden van hoofdeffecten en interactie-effecten (significantie wordt onderlijnd).

	Spoelen	Drinken	Vorm Inname	KH	Interactie
Glucose <i>Placebo</i> (mg/dl)	80 ± 13	82 ± 11	0.060	<u>0.007</u>	0.306
<i>Gatorade</i>	83 ± 13	93 ± 13			

Repeated Measures wordt eveneens toegepast bij de glucosewaarden. Hier wordt een hoofdeffect gevonden bij de condities die gepaard gaan met koolhydraten. Deze condities vertonen hogere glucosewaarden dan de condities zonder koolhydraten. Ook is er een trend tot significantie bij het hoofdeffect 'vorm van inname'. De waarden liggen hoger bij de condities waar gedronken wordt (Tabel 8).

D. Discussie

Het doel van deze studie was om het effect na te gaan van het spoelen met een koolhydraatrijke oplossing bij inspanningen van relatief korte duur aan een hoge intensiteit. Daarnaast werd verder onderzoek verricht naar het mogelijke effect van koolhydraatname. Er werd gewerkt met een veel gebruikte, commercieel beschikbare, isotone dorstlesser met 6% koolhydraten en elektrolyten (Gatorade).

I. Bevordert het spoelen met een koolhydraatrijke drank de prestaties bij relatief korte duur?

Deze studie toonde aan dat het spoelen met een koolhydraatrijke oplossing bij relatief korte (~1u) inspanningen aan hoge intensiteit (>75% VO₂max) een prestatiebevorderend effect veroorzaakt. Deze resultaten bevestigen de bevindingen uit voorgaand experiment, waar het effect van koolhydraatrijke mondspoeling werd bestudeerd (Carter et al. 2004).

De proefpersonen werden voorafgaand aan de experimenten gevraagd een bepaalde hoeveelheid arbeid zo snel mogelijk te verrichten. Uit de borgschaal kan afgeleid worden dat er geen verschil merkbaar was bij hun 'Rate of Perceived Exertion'. Dit betekent dat elke proefpersoon gedurende beide spoelingcondities een gelijkaardige subjectieve belasting ervoer. Deze vaststelling ging echter gepaard met een verhoogde hartfrequentie (±5 slagen/minuut) en een hogere lactaatproductie (±1mmol/l) bij de conditie waarbij gespoeld werd met koolhydraten. Dit betekent dat er ondanks dezelfde belastingservaring toch sneller gefietst kon worden.

II. Wat zijn de achterliggende mechanismen hiervoor?

De achterliggende mechanismen, verantwoordelijk voor de significante verbetering in prestatie bij het spoelen van een koolhydraatrijke oplossing, zijn echter nog onduidelijk.

In het verleden werden hiervoor metabole, centrale en mentale factoren aangehaald als mogelijke verklaring voor dit prestatiebevorderende effect.

Metabool

Voorgaande studie van Carter stelde dat de minimale hoeveelheden van maltodextrine, die mogelijks de darmen binnengedrongen zijn, geen verklaring kan zijn voor de prestatieverbetering. Huidige studie bevestigde deze bevinding aangezien geen significante verschillen vastgesteld werden tussen de glucosewaarden bij het spoelen met Gatorade en met de placebo ($p=0.456$). De mogelijke extra hoeveelheid glucose in de bloedbaan kan dus geen verklaring zijn voor de verbetering in prestatie. Een metabole verklaring met betrekking tot de beschikbaarheid van glucose ter hoogte van de spieren (zoals bij langdurige inspanningen) wordt hierbij dus uitgesloten.

Centraal

In voorgaande studie van Carter werd tussen beide dranken een verschillend gevoel in de mond opgemerkt. Dit gevoel werd door Katz (Katz et al. 2000) omschreven als het zogenaamde “mouth-feel fenomeen”. Er werd aangeraden in verder onderzoek het mogelijk effect van de viscositeit en de samenstelling van de drank in overweging te nemen. De invloed van dit fenomeen kan echter uitgeschakeld worden omdat beide dranken in deze studie niet te onderscheiden waren naar smaak en viscositeit. De viscositeit verschilt nauwelijks van water, aangezien geen gebruik gemaakt werd van polysacchariden. Dit werd eveneens bevestigd door driehoekstesten uitgevoerd bij 34 personen. Slechts 24 % merkte een verschil op tussen beide dranken, wat wijst op toeval.

Een verfrissend gevoel in de mond zou een mogelijke verklaring kunnen zijn. Orale hydratatie reduceert RPE-waarden en dorstsensatie tijdens inspanningen in de hitte (Maresh et al. 2001). Deze bevindingen worden ondersteund door vaststellingen van tijdelijke dorstreductie als gevolg van het spoelen met kraantjeswater (Seckl et al. 1986). Deze mogelijke verklaring kan ook weerlegd worden aangezien in de placeboconditie eveneens orale hydratatie verkregen werd.

Daarnaast zou een mogelijke verbetering in mentaal en psychisch welbevinden een prestatiebevorderend effect kunnen veroorzaken. Als gevolg van een stijging in plasmaglucosecconcentratie en een mogelijke verhoging in glucosetoevoer naar de hersenen wordt een beter functioneren van het centrale zenuwstelsel bekomen (Welsh et al. 2002).

Deze bevindingen kunnen echter geen verklaring zijn in deze studie, vermits geen significant verschil in bloedglucoseconcentratie werd gerapporteerd tussen beide spoelingcondities.

Gevoelens van beloning en plezier worden opgewekt bij stimulatie van bepaalde centra in de hersenen. Verbindingen tussen smaakreceptoren en de nucleus accumbens in de hersenen liggen aan de basis hiervan. Stoffen zoals beta -endorfine en dopamine veroorzaken dergelijke gevoelens. Onderzoek bij ratten wees uit dat toediening van orale sucrose voor een stijging in dopamine en beta- endorfine zorgde (Hajnal et al. 2003, Yamamoto et al. 2003). In de studie van Carter (Carter et al. 2003) suggereerden de onderzoekers dat de koolhydraatreceptoren in de mondholte, die in verbinding staan met centrale pathways, mogelijk een invloed uitoefenen op het motivationele aspect. Eveneens kan deze suggestie verworpen worden aangezien zowel de koolhydraatrijke oplossing als de placebo stoffen bevatten, respectievelijk sucrose/glucose en aspartaam, die dezelfde zoete smaak en de hieraan gekoppelde positieve gevoelens veroorzaken.

Bij ratten werd vastgesteld dat het smaken van saccharine en glucose een significante stijging in insulineconcentratie veroorzaakt 1-1.5 min na de smaakstimulus (Ionescu et al. 1988). De respons die hiermee gepaard gaat, gekend als de cephale fase van insulinerelaxatie, is een parasympathische reflex veroorzaakt door de smaak, de geur en het uitzicht van het voedsel. Vermits smaak en viscositeit niet verschillen in beide spoelingcondities, kan dit geen verklaring zijn voor het prestatiebevorderende effect.

Bij zoogdieren worden drie verschillende smaakreceptoren onderscheiden voor het gewaarworden van een zoete smaak, namelijk T1R1, T1R2, T1R3. Deze worden omschreven als G-proteïne gekoppelde receptoren (GPCR). Hieruit worden drie celtypen gedefinieerd volgens hun expressiepatronen: T1R1 en T1R3 (T1R1+3 cellen), T1R2 en T1R3 (T1R2+3 cellen) en T1R3 cellen (Bradbury 2004). Uit recent onderzoek blijkt dat suikers en artificiële zoetstoffen worden gedetecteerd door T1R1 + 3 receptor. Enige uitzondering wordt gevonden bij hoge concentraties van suikers, die enkel door T1R3 alleen worden gedetecteerd. Dit type is echter niet in staat zoetstoffen zoals aspartaam te detecteren (Chandrashekar et al. 2006). Eveneens zou de synthetische zoetstof aspartaam enkel interageren met het type T1R2 (Nie et al. 2005). Deze vaststelling zou mogelijks kunnen aantonen dat beide stoffen op één of andere manier een verschillende stimulatie teweegbrengen in de hersenen.

III. Bevordert de inname van koolhydraten de prestaties bij relatief korte duur?

In de huidige studie kon het ergoegen effect van exogene koolhydraatinname bij korte (~1u) intensieve (>75% VO₂max) inspanning in tegenstelling tot sommige experimenten niet bevestigd worden (Neufer et al. 1987, Anantaraman et al. 1995, Ball et al. 1995, Jeukendrup et al. 1997). De bevindingen van huidige studie zijn echter wel in overeenstemming met andere onderzoeken (Palmer et al. 1998, Clark et al. 2000, McConell et al. 2000, Backx et al. 2003, Desbrow et al. 2004). Aangezien de recente studie van Desbrow een identiek protocol hanteerde, worden de bevindingen in huidige studie met kracht bijgezet.

Er werd bovendien een trend tot significantie in eindtijd vastgesteld tussen de orale inname van koolhydraten en het spoelen ermee (p=0.095). Hieruit blijkt dat de positieve effecten van het toedienen van koolhydraten verdwijnen wanneer de drank in het gastrointestinaal stelsel terechtkomt. Dit zou verklaard kunnen worden door een verhoogde nood aan bloed en zuurstof in het maagdarmstelsel. Om een mogelijke herverdeling van het bloed na te gaan tijdens inspanning, waarbij koolhydraten worden toegediend, kan de doorbloeding van de poortader bestudeerd worden. De studie van Rehrer (Rehrer et al. 2005) onderzocht het verschil in bloedstroom, tussen het innemen van koolhydraten en water, ter hoogte van de V.Porta tijdens een inspanning aan een intensiteit van 70% VO₂max. Inname van koolhydraten veroorzaakte een stijging in bloedstroom ter hoogte van de V. Porta in rust. Er werd eveneens een tendens vastgesteld tijdens inspanning, waarbij de bloedstroom steeg bij het begin van de test en deze vervolgens op hetzelfde peil gehouden werd.

IV. Enkele praktische tips

Uit deze studie blijkt dat het nuttiger is om met een koolhydraatrijke dorstlesser te spoelen in plaats van deze in te nemen en door te slikken. De totale hoeveelheid die gespoeld werd in deze studie was 14 ml per kilogram. Dit werd verdeeld over een negental dosissen tijdens een intensieve prestatie van korte duur (~ 1u).

In huidige studie werd een prestatiebevorderend effect veroorzaakt, gebruik makend van enkelvoudige suikers. Echter, bij vorig onderzoek van Carter (Carter et al. 2004) werd eveneens een prestatiebevorderend effect verkregen bij het spoelen met complexe suikers. Dit

zijn de enige twee studies die dergelijk prestatiebevorderend effect vastgesteld hebben. Beide onderzoeken werden gevoerd op basis van een intensieve tijdrit van ongeveer 1 uur.

Andere studieopzetten zijn bijgevolg noodzakelijk om meer duidelijkheid te scheppen. Naast het achterhalen welk type suiker nu het meest effectief is, wordt de optimale hoeveelheid ook een belangrijke factor. Dit zou in de toekomst achterhaald moet worden. Het opzuigen van een tablet als alternatief voor het spoelen met suikers zou eventueel hetzelfde effect kunnen veroorzaken.

V. Algemeen besluit

Er kan geconcludeerd worden dat het spoelen met een koolhydraatrijke oplossing tijdens inspanningen van korte duur aan hoge intensiteit een prestatiebevorderend effect teweegbrengt. Hierbij wordt de hypothese gedeeltelijk verworpen. Deze resultaten bevestigen het onderzoek van Carter uit 2004. Het effect houdt in dat bij eenzelfde RPE een hogere hartfrequentie en lactaat getolereerd wordt. Dit duidt op een centraal effect dat gevoed wordt door mondsensatie. Nieuw is dat in de directe vergelijking van spoelen versus innemen van koolhydraten, het inslikken van de sportdrink als nadelig kan beschouwd worden. Dit zou te maken kunnen hebben met de verhoogde doorbloeding van het gastrointestinaal stelsel, ten nadele van de actieve musculatuur. Echter, verder onderzoek is noodzakelijk om hieromtrent uitsluitsel te geven en de centrale en mondgerelateerde effecten te ontrafelen.

E. Referentielijst

- Anantaraman, R., Carmines, A.A., Gaesser G.A. and Weltman, A. (1995). Effects of carbohydrate supplementation on performance during 1 hour of high intensity exercise. *Int. J. Sports Med.*, **16**, 61-465.
- Andrew, R., Coggan, A.R., Coyle, E.F. (1987). Reversal of fatigue during prolonged exercise by carbohydrate infusion or ingestion. *J. Appl. Physiol.*, **63**(3), 2388-2395.
- Backx, K., van Someren K.A. and Palmer, G.S. (2003). One hour cycling performance is not affected by ingested fluid volume. *International Journal of sport Nutrition and Exercices Metabolism*, **13**, 336-346.
- Ball, T.C., Headley, S.A., Vanderburgh, P.M. and Smith, J.C. (1995). Periodic carbohydrate replacement during 50 min of high-intensity cycling improves subsequent sprint performance. *Int. J.Sport Nutr.*, **5**, 151-158.
- Below, P.R., Mora-Rodrigues, R., Gonzales-Alonso, J. and Coyle, E. (1995). Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during 1h of intense exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **27**, 200-210.
- Bradbury, J., (2004). Taste perception: cracking the code. *Public Library of Science Biology*, **2**, 295-297.
- Carter, J.N., Jeukendrup, A.E., Mann, C.H. and Jones, D.A. (2004). The effect of glucose infusion on glucose kinetics during a 1-h time trial. *Med. Sci. Sports Exerc*, **36**, 1543-1550.
- Carter, J.N., Jeukendrup, A.E. and Jones, D.A. (2004). The effect of carbohydrate mouth rinse on 1 –h cycle time trial performance. *Med.Sci. Sports Exerc.*, **36** (12), 2107-2111.
- Chandrashekar, J., Hoon, M.A., Ryba, N.J.P. and Zuker, C.S. (2006). The receptors and cells for mammalian taste. *Nature*, **444**, 288-294.
- Clark, V.R., Hopkins, W.G., Hawley, J.A. and Burke, L.M. (2000). Placebo effect of carbohydrate feedings during a 40-km cycling time trial. *Med.Sci.Sports Exerc*, **32**, 1642-1647.
- Coggan A.R. (1991). Plasma glucose metabolism during exercise in humans. *Sports Med*, **11**, 102-124.
- Coyle, E.F., Hagberg, J.M., Hurley, B.F., Martin, W.H., Ehsani, A.A. and Holloszy, J.O. (1983). Carbohydrate feeding during prolonged strenuous exercise. *J Appl Physiol*, **55**, 230-235.
- Coyle, E.F. and Coggan, A.R. (1984). Effectiveness of carbohydrate feeding in delaying fatigue during prolonged exercise. *Sports Med*, **1**, 446-458.
- Coyle, E.F. (1992). Carbohydrate supplementation during Exercise. *J. Nutr.*, **122**(3 Suppl), 788-95.

Desbrow, B., Anderson, S., Barrett, J., Hargreaves, M. and Rao, E. (2004). Carbohydrate-electrolyte feedings and 1 h time trial cycling performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, **14**, 541-549.

El-Sayed, M.S., Balmer, J. and Rattu, A.J.M. (1997). Carbohydrate ingestion improves endurance performance during a 1 h simulated cycling time –trial. *J.Sports Sci.*, **15**, 223-230.
Hajnal, A., Smith, G.P., Norgren, R.(2003). Oral sucrose stimulation increases accumbens dopamine in the rat. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, **286**, R31–R37.

Ionescu, E., Rohner-Jeanrenaud, F., Proietto, J., Rivest, R.W. and Jeanrenaud, B. (1988). Taste-induced changes in plasma insulin and glucose turnover in lean and genetically obese rats. *Diabetes*, **37**,773-779.

Jeukendrup, A., Brouns, F., Wagenmakers, A.J.M. and Saris, W.H.M. (1997). Carbohydrate-electrolyte feedings improve 1 h time-trial cycling performance. *Int. J.Sports Med.*, **18**, 125-129.

Katz, D. B., Nicoletis, M. A. L., Simon, S. A. (2000). Nutrient tasting and signalling mechanisms in the Gut. IV. There is more to taste than meets the tongue. *American Journal of physiology*, **278**, G6-G9.

Kovacs, E.M.R., Stegen, J.H.C.H. and Brouns, F. (1998). Effect of caffeinated drinks on substrate metabolism, caffeine excretion and performance. *J.Appl. Physiol*, **89**,709-715.

Maresh, C., Herrera-Soto, L. E., Armstrong, D. J., Casa, S.A., Kavouras, F.T., Hacker, J.R., Elliot, T.A., Stoppani, J. and Scheett, T.P. (2001). Perceptual responses in the heat after brief intravenous versus oral rehydration. *Med. Sci. Sports Exerc*, **33**(6), 1039-1045.

McConell, G.K., Canny, B.J., Daddo, M.C., Nance, M.J. and Snow, R.J. (2000). Effect of carbohydrate ingestion on glucose kinetics and muscle metabolism during intense endurance exercise. *J.Appl. Physiol*, **89**, 1960-1968.

Neufer, P.D., Costill, D.L., Flynn, M.G., Kirwan, J.P., Mitchell, J.B. and Houmard, J. (1987). Improvements in exercise performance: effects of carbohydrate feedings and diet. *J.Appl. Physiol.*, **62**, 983-988.

Nie, Y., Vignes, S., Hobbs, J.R., Conn, G.L. and Munger, S.D. (2005). Distinct contributions of T1R2 and T1R3 taste receptor subunits to the detection of sweet stimuli. *Curr. Biol.*, **15**(21), 1948-52.

Palmer, G.S., Clancy, M.C., Hawley, J.A., Rodger, I.M and Burke, L.M. (1998). Carbohydrate ingestion immediately before exercise does not improve 20 km time trial performance in well trained cyclists. *Int. J. Sports Med.*, **19**, 415-418.

Powers, K.S., Howley, E.T., (2001). *Exercise physiology, fourth edition*. New York, McGraw-Hill.

Rehrer, N.J., Goes, E., DuGardeyn, C., Reynaert, H. and DeMeirleir, K. (2004). Effect of carbohydrate on portal vein blood flow during exercise. *Int. J. Sports Med.*, **26**, 171-176.

Seckl, J.R., Williams, T.D.M. and Lichtman, S.L. (1986). Oral hypertonic saline causes transient fall of vasopressin in humans. *Am. J. Physiol.*, **251**, R214-R217.

Welsh, R.S., Daves, J.M., Burke, J.R. and Williams, H.G. (2002). Carbohydrate and physical/mental performance during intermittent exercise to fatigue. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **34**, 723-731.

Wright, D.A., Sherman, W.M., Dernbach, A.R. (1991). Carbohydrate feedings before, during, or in combination improve cycling endurance performance. *J Appl Physiol*, **71**, 1082-1088.

Yamamoto, T., D.D.S., Ph.D., (2003). Brain Mechanisms of Sweetness and Palatability of Sugars. *International Life Sciences Institute*, S5-S9.