

# Zorgt een laag koolhydraatdieet voor verbeteringen in het aerobe uithoudingsvermogen?

---

*Scheepers, F.M.(2013).*

**Samenvatting** Het doel van dit systematische literatuuronderzoek was het in kaart brengen van het effect van een laag koolhydraatdieet op het aerobe uithoudingsvermogen. Uit dit onderzoek kwamen aanbevelingen voortvloeien om aanpassingen te doen aan de huidige dieetbehandelingsrichtlijn wedstrijd sport.

**Method:** Gedurende het systematisch literatuuronderzoek werden Pubmed, Cochrane en PlatformFM gebruikt om artikelen te zoeken. Een inclusie criterium was dat de gebruikte literatuur gericht is op mensen in het algemeen, later werd nog toegespitst op onderzochten met alleen duursporters. De artikelen werden beoordeeld aan de hand van de mate van bewijsvoering.

**Resultaten:** De koolhydraatbehoefte voor duursporters varieert tussen 3 tot 12 g/kg/dag naar mate de duur van de activiteiten toeneemt. De RCT's hanteerde <2.5 gram koolhydraten per kg lichaamsgewicht gedurende een laag koolhydraatdieet. Laag koolhydraatdiëten zorgden voor uitputting van spierglycogeen. Tegelijkertijd verhoogde het de vetverbranding en bespaarde het lichaam koolhydraten op lichte tot matige intensiteit. Voordelen van een laag koolhydraatdieet waren: gewichtsverlies, afname van de bloeddruk (systolisch en diastolisch), afname van insulineaarden (nuchtere toestand) en afname van de triglyceridenwaarden (vetpercentage zal dalen). Maar een laag koolhydraatdieet kan ook zorgen voor een tekort aan verschillende micronutriënten (calcium, magnesium, kalium, ijzer, foliumzuur en vitamine A,E, B1, B6).

**Conclusie:** Volgens de meest recente literatuur verbeterde een laag koolhydraatdieet niet direct het aerobe uithoudingsvermogen. Indirect waren er verschillende factoren die het aerobe uithoudingsvermogen konden verbeteren. Een aanbeveling was om korte periodes (7-14 dagen) een laag koolhydraatdieet uit te voeren om zo de vetverbranding te verhogen en de koolhydraatbehoefte te laten afnemen.

**Abstract** The objective of this systematic literature search is to make clear the effect of low carbohydrate diets on aerobic endurance performance. It could be possible that from this search recommendations will arise for the Dutch dietary treatment directive competitive.

**Method:** For this systematic literature search Pubmed, Cochrane and PlatformFM were used. Inclusion criterion was that used studies focused on humans, became focused on endurance athletes. The studies were assessed on the degree of evidence.

**Results:** The carbohydrate needs varies between the 3 till 12 g/kg/day as the duration of the activity is increasing. The used RCT's handle uses <2.5 g/kg carbohydrates during a low carbohydrate diet on endurance athletes. The consequence of Low carbohydrate diets is exhaustion of muscle glycogen. But at the same time low carbohydrate diets increase the fat oxidation and the body save some carbohydrates on mild to moderate activity. The benefits of a low carbohydrate diet are: weight loss, decrease in blood pressure, decrease in insulin values (fasting state) and a decrease in triglycerides (body fat decrease). But low carbohydrate diets also provide a shortage of micronutrients (calcium, magnesium, potassium, iron, folic acid and vitamins A, E, B1, B6).

**Conclusion:** According the most recent literature improves a low carbohydrate diet not directly the endurance performance. Indirect there are different factors they can improve the endurance performance. A recommendation can be for short periods (7-14 days) to follow a low carbohydrate diet. The fat oxidation increase and the need of carbohydrate decrease during these periods.

**Kernbegrippen:** aerobe uithoudingsvermogen, duursport(ers), laag koolhydraatdiëten, literatuuronderzoek, metabole switch, sportvasten, train low compete high, vetverbranding

---

## Inleiding

De aanleiding voor dit onderzoek komt voort uit het feit dat HAN Seneca Sports and Exercise Nutrition zich op drie onderzoeklijnen richt. Waaronder het in kaart brengen van de

voedingssupplementinname en de voedingssinname van topsporters (han.nl, 2012).

Sportvasten is afgelopen jaar gebruikt bij Zeefuik van FC Groningen. Het principe leverde voor hem gewichtsverlies op. Ook kon hij meer

zuurstof tot zich nemen waardoor hij fitter is geworden (FCgroningen.nl, 2012). Sportvasten is een trainingmethode van 10 dagen waarbij de spieren en lever worden getraind om vetten te gaan verbruiken in plaats van koolhydraten (Sportvasten, 2012). Insuline zorgt voor de opslag van vetten en koolhydraten en blokkeert het loslaten van vetten door de vetcellen (lipolyse). Hormonen zoals adrenaline, noradrenaline en het groeihormoon stimuleren het vrijmaken van vetten als brandstof. Tijdens en na het sporten maakt men veel van deze vetvrijmakende hormonen aan. Dit samen met een tekort aan koolhydraten in de spieren en de rest van het lichaam gedurende het vasten zorgt voor een zogenaamde omschakeling, de 'metabole switch'. De 'metabole switch' is de omschakeling van koolhydraatverbranding naar vetverbranding (Sportvasten, 2012). Koolhydraten en vetten zijn de belangrijkste brandstoffen gedurende inspanning (Romijn et al, 1993; Evans & Hughes, 1985). Sportvasten heeft veel overlap met laag koolhydraatdiëten. Om een uitspraak te kunnen doen over het effect van sportvasten op het aerobe uithoudingsvermogen zal eerst het effect van laag koolhydraatdiëten onderzocht worden.

Het doel van dit systematische literatuuronderzoek is het in kaart brengen van het effect van een laag koolhydraatdieet op het aerobe uithoudingsvermogen. Uit dit onderzoek zullen mogelijk aanbevelingen voortvloeien om aanpassingen te doen aan de huidige dieetbehandelingsrichtlijn wedstrijd sport. Voorafgaand aan dit literatuuronderzoek is er een hypothese opgesteld. Deze hypothese luidt: "Een laag koolhydraatdieet verbetert het aerobe uithoudingsvermogen". Om deze hypothese te kunnen bevestigen of ontcrachten is er een theoretische hoofdvraag opgesteld: "Wordt er in de literatuur bevestigd dat een laag koolhydraatdieet het aerobe uithoudingsvermogen verbeterd?"

## **Methode**

Het betreft een systematisch literatuuronderzoek. Wetenschappelijke artikelen worden met elkaar vergeleken.

### Zoekmethode

De website van Hogeschool Arnhem, Nijmegen (HAN) studiecentra werd gebruikt om toegang te krijgen tot verschillende databases zoals, Pubmed, Cochrane en PlatformFm. Wanneer de wetenschappelijke artikelen op deze databases niet free full tekst te verkrijgen waren, werd Google Scholar gebruikt. Wanneer op Google Scholar deze wetenschappelijke artikelen ook

niet free full tekst te verkrijgen waren, werd de opdrachtgever Tjieu Maas ingelicht om te vragen of hij toegang had tot deze artikelen. Als laatste optie werd de schrijver van het artikel gemaild. Om de juiste wetenschappelijke artikelen te vinden voor dit systematische literatuuronderzoek was het van belang om zoektermen op te stellen voor de databases. Het opstellen van de zoektermen werd gedaan door de afhankelijke factor (=aerobe uithoudingsvermogen) en de onafhankelijke factor (=laag koolhydraatdieet) mee te nemen in de zoektermen. Wanneer het laag koolhydraatdieet verandert zal dit dus invloed hebben op het aerobe uithoudingsvermogen. Ook werden bij het opstellen van de zoektermen de theoretische deelvragen meegenomen. De afhankelijke factor en onafhankelijke factor werden vertaald in het Engels. Tegelijkertijd werd er gezocht in de databases naar synoniemen. Dit gebeurde door MeSH te gebruiken. Wanneer in MeSH low carbohydrate diet werd ingetypt kwamen er termen zoals; carbohydrate-restricted diet, Atkins diet. Om de zoektermen aan elkaar te verbinden werd 'AND' gebruikt. Een overzicht met zoektermen en het aantal hits is terug te vinden in bijlage 1. De zoektermen in verschillende databases werden gezocht in het studiecentrum van de HAN. Wanneer er veel hits waren, werden artikelen geselecteerd op titel. Bij PlatformPM werden andere zoektermen gebruikt dan in bijlage 1. Dit is een kleine database met alleen Nederlandse wetenschappelijke informatie. Hier werden zoektermen gebruikt zoals; koolhydraatname en koolhydraten. PlatformPM gaf aan hoeveel procent overlap de zoekterm had met het artikel. Er werd gezocht naar het hoogste percentage overlap. In bijlage 4 is de hoeveelheid literatuur per theoretische deelvraag terug te vinden.

### Inclusiecriteria

Een inclusie criterium voor dit systematisch literatuuronderzoek was dat de eerdere onderzoeken gedaan waren met mensen. Na de eerste theoretische deelvraag werd duursport centraal gesteld. Verder werden er niet veel inclusiecriteria gesteld aan dit literatuuronderzoek. De reden hiervoor was dat er tot op heden weinig onderzoek was gedaan naar het effect van laag koolhydraatdiëten op het aerobe uithoudingsvermogen bij duursporters. Wanneer er veel inclusiecriteria zouden zijn opgesteld was het mogelijk dat belangrijke informatie werd misgelopen.

Er werd geen uiterste publicatiedatum vast gesteld. Het streven was om te verwijzen naar de meest recente wetenschappelijke artikelen.

### Data-analyse

Door het lezen van de samenvatting werd beoordeeld of de artikelen genoeg overlap hadden met tenminste een van de theoretische deelvragen. Het overzicht werd behouden door de artikelen zorgvuldig op te slaan.

Uiteindelijk werd er een conclusie getrokken. Hiervoor was het van belang dat de bewijsvoering van literatuur werd meegenomen. Er werd gekeken wat de bewijslast was van gebruikte onderzoeken. Aan de hand van deze bewijslast werd beoordeeld hoe zwaar ieder resultaat meewoog. De conclusie is op deze manier aannemelijk voor de lezer. Men spreekt bij bewijsvoering over de kwaliteit van het onderzoek. De mate van bewijsvoering is terug te vinden in bijlage 2.

### Betrouwbaarheid en validiteit

De betrouwbaarheid werd gewaarborgd door bijlage 1. Hierin zijn exacte zoektermen met het aantal hits terug te vinden. Om de interne validiteit te vergroten werd er een overzicht gemaakt (bijlage 4) van alle gebruikte onderzoeken. De auteur en titel van het onderzoek worden genoemd met de mate van bewijsvoering. Dit overzicht hielp om een juiste conclusie te trekken. Ook de inclusiecriteria verhoogden de interne validiteit van het literatuuronderzoek.

De externe validiteit is laag, aangezien de conclusie van dit systematische literatuuronderzoek niet generaliseerbaar is voor andere takken van sport, alleen voor duursporters.

## **Resultaten**

### Koolhydraten

Koolhydraten bestaan uit koolstof (C), waterstof (H) en zuurstofatomen (O). Koolhydraten worden sacchariden genoemd. Er zijn twee soorten koolhydraten; verteerbare en niet-verteerbare koolhydraten. De niet-verteerbare koolhydraten worden ook voedingsvezels genoemd. De verteerbare koolhydraten worden onderverdeeld in monosacchariden, disacchariden en polysacchariden (Stegeman, 2009).

### Koolhydraten als brandstof

Een gram koolhydraten levert 4 kilocalorieën (kcal). De di- en polysacchariden worden in de darmwand afgebroken tot monosacchariden. Glucose wordt meteen opgenomen in het bloed. Fructose en galactose worden eerst naar de lever getransporteerd waar het wordt omgezet in glucose en dus ook opgenomen kan worden in het bloed. Glucose wordt verbrand tot dioxide (CO<sub>2</sub>) en water

(H<sub>2</sub>O), hierbij komt energie vrij in de vorm van adenosinetriphosfaat (ATP) (Stegeman, 2009). Ook kan het worden opgeslagen als glycogeen in de spieren en lever (Willmore & Costill, 2009). Alle processen in de spieren die energie vragen, worden hiervan voorzien doordat ATP wordt omgezet in adenosinedifosfaat (ADP). Hierbij komt Pi (fosfaat) vrij. In de spieren is slechts 5 mmol/kg glucose (3.4 gram per kg) beschikbaar. De ATP voorraad in de spieren mag nooit meer dan een derde afnemen (Stegeman, 2009). Dit omdat ATP zorgt voor spiercontractie (Willmore & Costill, 2009). Door de kleine hoeveelheid ATP in de spieren en omdat het niet te veel mag afnemen wordt het ATP in de spieren niet gezien als energievoorraad. Wel bevindt zich in de spieren een andere vorm van energie namelijk, creatinefosfaat (CP). Het CP gehalte is 3 à 4 keer zo hoog als het ATP gehalte. Het CP gehalte kan dalen tot bijna nul na maximale inspanning van een paar seconden. De zeer snelle resynthese van ATP uit ADP, gekatalyseerd door creatinekinase, vindt plaats door de overdracht van een fosfaatgroep uit het CP. Ook ligt in de spieren glycogeen opgeslagen. Door glycogenolyse is er een relatief grote hoeveelheid energie beschikbaar voor de spieren. Skeletspieren bevatten ongeveer 14-18 gram glycogeen per kg spiermassa. Bij anaerobe glycogenolyse, wanneer de glycogenolyse niet verder gaat dan de vorming van melkzuur komt er 4 mol ATP vrij. Dit is een proces zonder het gebruik van zuurstofmoleculen. Via de aerobe verbranding krijgt de glycogenolyse wel de kans om te voltooien. Dit door de oxidatie van het pyrodruivenzuur via de citroenzuurcyclus. Hieruit wordt kooldioxide en water geproduceerd in plaats van melkzuur. De hoeveelheid geproduceerde ATP is dan veel groter, namelijk 39 mol ATP. De glycogeen voorraad in de lever varieert tussen de 14 en 80 gram per kg na een maaltijd. Na een periode van vasten (12uur) kan de glycogeen voorraad in de lever meer dan de helft dalen. De lever is dus erg belangrijk om het bloedglucosegehalte op peil te houden, zodat er continu glucose beschikbaar is voor de vitale weefsels, waaronder de hersenen. De lever heeft glucose-6-fosfaatdehydrogenase nodig, zodat glucose vrijkomt uit de levercellen. Wordt glucose gebruikt in plaats van glycogeen is er 1 ATP molecuul nodig om glucose om te zetten in glucose-6-fosfaat. Dan levert het 3 mol ATP en 38 ATP (Maughan, R.J. & Burke, L.M, 2004).

### Koolhydraatbehoefte

De aanbevolen hoeveelheid verteerbare koolhydraten is 40 energieprocent (en%) voor een gemiddelde Nederlander met een gezond

gewicht (Gezondheidsraad, 2006; Priebe et al, 2009). De gezondheidsraad (2001) praat dan over 2,9 gram koolhydraten per kg lichaamsgewicht per dag. De koolhydraatname heeft een acceptabele spreiding van 40-70 en%. Bij duursport verandert de koolhydraatbehoefte. In de review van Burke et al (2011) wordt de koolhydraatbehoefte weergegeven in aantal gram koolhydraten per kg lichaamsgewicht per dag. De dagelijkse behoefte voor duursporters varieert. Bij lichte activiteit en basisvaardigheden wordt er 3-5 g/kg/dag geadviseerd. Matige activiteit (1u per dag) 5-7 g/kg/dag. Onder hoge activiteit wordt 1-3u verstaan, de advisering hiervoor is 6-10 g/kg/dag. Bij extra hoge activiteit (>4-5 uur) wordt 8-12 g/kg/dag aangeraden. Ook is geadviseerd hoeveel koolhydraten duursporters in moeten nemen tijdens inspanning. Bij inspanning <45 minuten zijn geen koolhydraten nodig. Bij inspanning tussen de 45-75 minuten is een kleine hoeveelheid nodig, hierbij kan men denken aan een mondspoeling met een

koolhydraatrijke sportdrank. Wanneer de inspanning 1-2 uur duurt, wordt 30 gram koolhydraten per uur aangeraden. Verschillende soorten koolhydraten kunnen worden ingenomen. Mocht de duur 2-3 uur zijn, dient men tot 60 gram koolhydraten per uur tot zich te nemen, belangrijk is om koolhydraten te kiezen die snel opgenomen worden in het lichaam. Hierbij valt te denken aan monosachariden (glucose). Bij inspanning >3uur zal men tot 90 gram koolhydraten per uur tot zich moeten nemen. Hierbij is het van belang een combinatie van monosachariden (glucose) en disachariden te gebruiken (maltose) (Burke et al, 2011; NOC\*NSF, ZJ).

Tabel 1 laat richtlijnen voor training en herstel zien, deze zijn opgesteld door Devlin & Williams (1991) in een review van Burke et al (2004).

Al met al varieert de koolhydraatbehoefte voor duursporters tussen de 3-12 gram naar mate de duur van training toeneemt. Ook zijn er richtlijnen opgesteld voor training en herstel.

Tabel 1: Koolhydraat richtlijnen voor training en herstel.

Richtlijnen volgens Devlin & Williams (1991)	Toevoeging aan de richtlijnen door Burke et al (2004)
Een optimaal dieet voor de meeste sporten bestaat voor 60-70% van de totale energie-inname uit koolhydraten	
Na iedere vorm van training moet de voeding voldoende koolhydraten bevatten om de glycogeenreserves aan te vullen en te optimaliseren voor de volgende training. De vorm van koolhydraten varieert (vloeibaar, vast) afhankelijk van tijdstip en aard van training.	
De koolhydraatname na zware training moet 50 gram per 2 uur bevatten met een hoog glycemische index (GI). In totaal 600gram koolhydraten per 24uur.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Onmiddellijk herstel</u>: 1.2gram per kg geconsumeerd met frequente intervallen</li> <li>- <u>Dagelijks herstel (matige trainingsduur, lage intensiteit)</u>: 5-7 gram per kg per dag</li> <li>- <u>Dagelijks herstel (matige tot zware duurtraining)</u>: 7-12gram per kg per dag</li> <li>- <u>Dagelijks herstel (extreem zwaar duurprogramma (&gt;4-8 u per dag))</u>: 10-12gram per kg per dag</li> </ul>

### Laag koolhydraatdieet

Laag koolhydraatdiëten worden steeds populairder voor gewichtsverlies. Dit omdat het op korte termijn zorgt voor een groter gewichtsverlies dan laag vet, hoog koolhydraatdiëten (Johnston et al, 2012).

De World Health Organization (WHO) (2003) laat zien dat overgewicht de kans op chronische ziekten vergroot zoals, diabetes type II, hypertensie, hyperlipidemie, hart- en vaatziekten, vormen van kanker en aandoeningen aan het lichaam (knie- en rugklachten). Dit kan een reden zijn voor het volgen van een laag koolhydraatdieet. Een

review van Frigolet et al. (2011) beredeneerde dat door de verlaagde koolhydraatname, het vet en/of eiwit gehalte in de voedingsinname stijgt. Dit leidt tot diëten met hoog vetgehalte en/of hoog eiwitgehalte. Voor duursporters worden andere hoeveelheden koolhydraten geadviseerd dan voor een gemiddelde Nederlander. In verschillende reviews kwam naar voren dat tijdens inspanning vetten en koolhydraten de belangrijkste energiebronnen zijn (Romijn et al, 1993; Evans & Hughes, 1985). Wanneer duursporters een laag koolhydraatdieet volgen, worden de koolhydraten vaak gecompenseerd door vet in

de voedingsinname. Er wordt dan gesproken van een hoog vet/ laag koolhydraatdieet (Rowlands & Hopkins, 2002; O'keeffe et al, 1989; Lambert et al, 1994; Goedecke et al, 1999; Cox et al, 2010). De gevonden onderzoeken waren hoofdzakelijk gericht op laag koolhydraat/hoog vetdiëten. Gezien deze gegevens werd er in dit systematische literatuuronderzoek naar laag koolhydraat/hoog vetdiëten gekeken. Om een beeld te krijgen van de hoeveelheid koolhydraten gedurende een laag koolhydraatdieet is bijlage 3 geschikt.

#### Verschillende koolhydraatarmede diëten

Het **Atkins dieet** bestaat uit verschillende fasen; fase 1 is 13 gram koolhydraten (5 en%), Fase 2 is 35 gram koolhydraten (8,6 en%) en fase 3 is 95 gram koolhydraten (19 en%). In alle fasen kan men vet en eiwit onbeperkt innemen. Wanneer de voorraad glucose in de lever en spieren op is, ontstaat er gluconeogenese uit spiereiwitten (Mathus-vliegen, 2006). Een review van Crowe (2005) laat zien dat de lipolyse bevordert wordt, waardoor het lichaamsvet af zal nemen. De verminderde koolhydraatinname zorgt ook voor een verlaagde insulinerespons. Het **zone-dieet** valt onder de laag koolhydraatdiëten. De verhouding van de macronutriënten is 40:30:30 (koolhydraten/eiwitten/vetten). Belangrijk in dit dieet is de koolhydraat-eiwit ratio. Deze moet 0.75 zijn. Elke maaltijd die genuttigd wordt dient op deze ratio afgestemd te worden. Doordat de insuline/glucagon ratio afneemt zal het lichaam meer vet gaan verbranden (Cheuvront, 2003). In een boek van Sears (1995) wordt weergegeven dat de 'zone' de metabole toestand is waarbij het lichaam een optimale werking heeft. Het **Carbohydrate Addict's Diet** is beschreven in een boek van Heller & Heller (1991), het beperkt de koolhydraatinname tot maximaal 1 maaltijd per dag.

Ook **Sugar Busters! Diet** valt onder de laag koolhydraatdiëten. In het boek 'Sugar Busters!' wordt geadviseerd om koolhydraten met een hoog glycemische index te vermijden, evenals sucrose. Dit zijn producten zoals, aardappelen, maïs, witte rijst en pasta. Deze koolhydraten worden vermeden omdat ze zorgen voor een verhoogde insulineaarden. Dit zorgt na langere tijd voor insulineresistentie, volgens Steward et al (1995).

#### Positieve effecten van een laag koolhydraatdieet

Volgens de review van Frigolet et al. (2011) is gewichtsverlies op korte termijn (3-6 maanden) een effect van laag koolhydraatdiëten. Nordmann (2006) bevestigt dit in zijn review

door te laten zien dat over 6 maanden gezien, de gewichtsafname hoger ligt bij individuen die een laag koolhydraatdieet hebben gevolgd in plaats van individuen die random toegewezen zijn aan een laag koolhydraat/ hoog vetdieet. Ook de bloeddruk (zowel systolisch als diastolisch) nam af gedurende deze 6 maanden. Bravata et al (2003) laat zien in zijn review dat laag koolhydraatdiëten zorgen voor een grotere afname van het gewicht, BMI, vetpercentage, triglyceridenwaarden, insulineaarden in nuchtere toestand en de systolische bloeddruk. Het totaal cholesterol, LDL en HDL cholesterol daalt meer bij het volgen van hoog koolhydraatdiëten ten opzichte van laag koolhydraatdiëten. In een RCT van Wood et al (2006) zorgen laag koolhydraatdiëten voor gewichtsverlies, een afname van trygliceridenwaarden en een stijging van het HDL cholesterol. Westman et al (2003) laat zien in een review dat tegenover de afname van spierglycogeen, de vetverbranding toeneemt in de skeletspieren door het volgen van een laag koolhydraatdieet.

Kortom, er zijn veel verschillende laag koolhydraatdiëten die allen andere richtlijnen hanteren. Hieronder worden de negatieve en positieve effecten van een laag koolhydraatdieet behandeld.

#### Negatieve effecten laag koolhydraatdieet

Het Atkins dieet (laag koolhydraatdieet) heeft meerdere nadelen volgens Mathus-vliegen (2006). De voeding is arm aan voedingsvezels en heeft een tekort aan verschillende micronutriënten (Calcium, magnesium, kalium, ijzer, foliumzuur en vitamine A,E, B1, B6). Ook kan het dieet zorgen voor dehydratie, elektrolytstoornissen, verhoogd urinezuur en calciumexcretie via de nieren met kans op nierstenen. Meerdere gevolgen zijn de afwezigheid van vezels, moeheid, hoge eiwitbelasting voor de nier en hyperlipidemie door een hoog vetgehalte waaronder verzadigd vet. Het Atkinsdieet brengt ook bijwerkingen met zich mee zoals; diarree of obstipatie, duizeligheid, hoofdpijn, slapeloosheid, moeheid, zwakte en een vieze smaak in de mond. Maughan & Sherriffs (2002) zeggen in hun review dat trainen met lage koolhydraatreserves kan lijden tot verhoogde niveaus van stresshormonen dat dan een negatieve werking kan hebben op het immuunsysteem van duursporters.

Samenvattend, zijn er verschillende positieve en negatieve effecten te benoemen bij het volgen van een laag koolhydraatdieet bij duursporters. Om te onderzoeken wat het effect van laag koolhydraatdiëten op het aerobe

uithoudingsvermogen is, zal eerst het aerobe uithoudingsvermogen onder de loep worden genomen.

#### Wat is het aerobe uithoudingsvermogen

Het effect van een laag koolhydraatdieet op het aerobe uithoudingsvermogen werd onderzocht. Het is hierbij van belang om eerst duidelijk te hebben wat het aerobe uithoudingsvermogen is, hoe het te meten is en welke factoren van invloed zijn. Het aerobe uithoudingsvermogen is op te splitsen in 2 soorten uithoudingsvermogen. Het spieruithoudingsvermogen en het cardiorespiratoir uithoudingsvermogen. Bij het cardiorespiratoir uithoudingsvermogen is de ontwikkeling van de hoeveelheid zuurstof die de cardiovasculaire en respiratoire systemen naar de werkende spieren kunnen vervoeren tijdens langdurige inspanning van belang. Het cardiorespiratoir uithoudingsvermogen wordt dus ook wel het aerobe uithoudingsvermogen genoemd (Wilmore et al, 2009). Om het aerobe uithoudingsvermogen te meten gebruiken veel bewegingswetenschappers de  $VO_2\max$  als beste objectieve waarden (Wilmore et al, 2009). Andersson et al (2011) bevestigt dit, door aan te geven dat de gouden standaard voor het meten van het aerobe uithoudingsvermogen de  $VO_2\max$  is, gemeten op een fietsergometer of een loopband. De  $VO_2\max$  wordt in Wilmore et al (2009) gedefinieerd als de hoogst haalbare zuurstofopname tijdens maximale of uitputtende arbeid. Door duurtraining kan er meer zuurstof aan de actieve spieren worden afgegeven, hierdoor kan de  $VO_2\max$  toenemen. Duurtraining kan ook leiden tot een verbeterde submaximaal uithoudingsvermogen. Submaximaal uithoudingsvermogen wordt gemeten door een steady-state hartfrequentie bij dezelfde intensiteit van inspanning gemeten vóór en na een trainingsperiode. De werkelijke duurprestatie tijdens een wedstrijd heeft een sterker verwantschap met het submaximale uithoudingsvermogen dan de  $VO_2\max$  (Wilmore et al, 2009).

Er zijn meerdere parameters die kunnen veranderen na het uitvoeren van duurtraining. Voorbeelden zijn; Hartgrootte, slagvolume, hartfrequentie, hartminuutvolume (HMV), doorbloeding, bloeddruk en bloedvolume. Al deze parameters hebben te maken met de zuurstoftransport en zuurstofafgifte in het lichaam. Door duurtraining zal de hartgrootte en het slagvolume toenemen. De rusthartslag zal dalen na duurtraining, ook de submaximale hartfrequentie zal lager liggen op dezelfde intensiteit. Al blijft de maximale hartfrequentie vrijwel gelijk. De hartfrequentie na herstel zal ook sneller terug keren op de rusthartslag bij

getrainde personen. De hartfrequentie en het slagvolume bepalen het HMV. Deze zal ongeveer gelijk blijven aangezien het slagvolume toeneemt maar de hartfrequentie afneemt na duurtraining. Doordat de spieren actief worden bij training zal de bloedtoevoer naar de actieve spieren toenemen. De arteriële bloeddruk is na duurtraining verlaagd op gelijkwaardig inspanningsniveau, maar op maximale inspanning neemt de systolische bloeddruk toe en de diastolische druk af. Het bloedvolume wordt vergroot als gevolg van duurtraining. De toename wordt voornamelijk veroorzaakt door het plasmavolume, maar de hoeveelheid rode bloedcellen neemt ook geleidelijk toe (Wilmore et al, 2009).

#### Effect koolhydraatarme voeding op aerobe uithoudingsvermogen

Een review van Jeukendrup (2011) concludeert dat voorafgaand en gedurende een training, koolhydraten en vocht een belangrijke rol spelen bij het optimaliseren van het uithoudingsvermogen. Het is belangrijk om te starten met een hoog spierglycogeen, door de inname van koolhydraatrijke voeding. Ook zal men adequaat moeten drinken. Burke et al (2004) geeft aan dat er een direct en positief verband is tussen de toename van de koolhydraatinname en de glycogeenvoorraden na inspanning. De RCT's van Romijn et al (1993) en Venables et al (2005) laten zien dat de energiebehoefte bij training voldaan wordt door de oxidatie van koolhydraten en vetten. Hoe hoger de trainingsintensiteit, hoe groter de afhankelijkheid van koolhydraten als brandstof. Bij een trainingsintensiteit van ongeveer 50% van de  $VO_2\max$ , wordt de energiebehoefte voor tweederde voldaan door vetoxidatie en een derde door koolhydraatoxidatie. Maughan & Sherriffs (2011) voegen daar aan toe in hun review dat bij een trainingsintensiteit van 75% van de  $VO_2\max$  het energieverbruik toeneemt. Koolhydraten zijn dan de belangrijkste brandstof. Wanneer er geen (of nauwelijks) koolhydraten beschikbaar zijn, zal de trainingsintensiteit moeten worden gereduceerd naar een intensiteit waarbij vet de belangrijkste brandstof is. Wanneer atleten trainen op een hoge intensiteit en een laag koolhydraatdieet volgen, dat voornamelijk bestaat uit eiwitten en vetten, zal het erg moeilijk worden om de volgende dag dezelfde training op dezelfde trainingsintensiteit uit te voeren. Daarom wordt voor atleten een koolhydraatrijke voeding geadviseerd. Laag koolhydraatdiëten zorgen volgens Maughan & Sherriffs (2011) in hun review niet voor een verbetering van het uithoudingsvermogen. De richtlijnen die eerder

in tabel 1 zijn opgesteld verklaren de opmerking van Maughan & Sherriffs (2011) dat een laag koolhydraatdieet het moeilijk maakt om dezelfde training op dezelfde intensiteit een dag later weer uit te voeren.

Tijdens langdurige inspanning wordt vermoeidheid volgens een review van Jeukendrup (2004) vaak geassocieerd met een verminderde bloedglucose concentratie en spierglycogeen uitputting. Jeukendrup (2011) adviseert in zijn review om voorafgaand aan intensieve (langdurige) inspanning te zorgen voor hoge spier en leverglycogeen concentraties.

In de review van Burke & Hawley (2002) wordt geconcludeerd dat vetrijke/laag koolhydraatdiëten voor 1-3 dagen, terwijl de training gelijk blijft, zorgt voor verminderde inspanningscapaciteit en uithoudingsvermogen. Dit komt door de verlaagde glycogeenwaarden in de spieren en lever in rust. Deze verminderde inspanningscapaciteit en uithoudingsvermogen komen dus door een vroegtijdige uitputting van spierglycogeen. Ook het benutten van vet als energie in plaats van koolhydraten zorgt voor een verminderde inspanningscapaciteit en uithoudingsvermogen. Maar vetrijke/laag koolhydraatdiëten gedurende een langere periode (>7 dagen) zorgen voor metabole aanpassingen die de vetverbranding verhogen gedurende inspanning en metabole aanpassingen die grotendeels de verminderde koolhydraatbeschikbaarheid compenseren.

In bijlage 3 is een overzicht terug te vinden van RCT's gericht op het effect van laag koolhydraatdiëten op het aerobe uithoudingsvermogen.

De RCT van O'keeffe et al (1989) concludeert een verslechterde fietsduur tot vermoeidheid in de hoog vet/laag koolhydraatgroep. Deze tijd tot vermoeidheid steeg met 47%. Lambert et al (1994) onderzocht de effecten van 2 weken een laag koolhydraat/hoog vetdieet (70% vet, 7% koolhydraten) of een hoog koolhydraatdieet (74% koolhydraten, 12% vet) op het inspanningsvermogen. Vijf goed getrainde fietsers werden getest. Er werden verschillende testen afgenomen. Zoals een Wingate test die de spierkracht meet, ook werd training tot uitputting gemeten op zowel 90% (hoge intensiteit) als 60% (gemiddelde intensiteit) van de VO<sub>2</sub>max. Dit onderzoek concludeert dat het volgen van 2 weken een vetrijk dieet de weerstand tot vermoeidheid doet vergroten. Ook zorgt het voor een significante besparing van endogene koolhydraten gedurende lichte of matige inspanning tijdens een relatief uitgeputte

glycogeenstatus en het zorgt voor onaangepaste prestatie gedurende hoge intensiteit.

Goedecke et al (1999) concludeert dat het volgen van een hoog vet/laag koolhydraatdieet voor een korte duur (15 dagen) zorgt voor een verhoogde vetoxidatie. Ook bespaart het lichaam spierglycogeen tijdens het sporten. De metabole verandering zorgt voor toename van de spieromvang, lage glycogeeninhoud en mogelijke veranderingen in glucosetolerantie. Rowlands & Hopkins (2002) concluderen dat het volgen van een 2 weken hoog vet/laag koolhydraatdieet zorgt voor een grotere vet beschikbaarheid, waardoor de vetverbranding toe neemt tijdens training. Ondanks deze verandering had dit geen significant effect op het extreme uithoudingsvermogen van de wielrenners. Er mocht dan geen significant verschil optreden, maar er was toch bewijs dat er een grotere verbetering in duurprestatie optrad na het volgen van een hoog vetdieet in plaats van een koolhydraatrijk dieet. Er is geen bewijs in deze RCT dat het koolhydraat laden na het volgen van een hoog vetdieet zorgt voor een extra verbetering van het uithoudingsvermogen.

Cox et al (2010) heeft een RCT uitgevoerd onder 16 mannelijke goedgetrainde duursporters (triathlon of wielrenners). De deelnemers werden willekeurig geplaatst in een controlegroep (hoog koolhydraten) of een experimentele groep waarbij de energie-inname gelijk is aan de controlegroep, maar laag in koolhydraten. De verdeling van macronutriënten is terug te zien in tabel 2.

Tabel 2: Verdeling macronutriënten in experimentele en controle groep.

<b>Experimentele groep (laag koolhydraten)</b>	<b>Controle groep (hoog koolhydraten)</b>
<b>Energie</b> In kilojoule (KJ): 17593 +/- 2862 In KJ/kg lichaamsgewicht: 242 +/- 38	<b>Energie</b> In KJ: 18417 +/- 2832 In KJ/kg lichaamsgewicht: 243 +/- 34
<b>Koolhydraten</b> In grammen: 383 +/- 39 In gram/kg lichaamsgewicht: 5.3 +/- 0.4	<b>Koolhydraten</b> In grammen: 640 +/- 132 In gram/kg lichaamsgewicht: 8.5 +/- 1.7
<b>Vet</b> In grammen: 223 +/- 62	<b>Vet</b> In grammen: 134 +/- 29
<b>Eiwitten</b> In grammen: 151 +/- 25	<b>Eiwitten</b> In grammen: 143 +/- 23

De conclusie van Cox et al (2010) is dat trainen met een hoog aantal koolhydraten zorgt voor een grotere toename van de maximale citraat

synthase activiteit. Dit enzym zorgt ervoor dat de citroenzuurcyclus sneller gaat lopen. En het verhoogt de verbranding van glucose gedurende submaximale inspanning. Ondanks enzymatische verbeteringen in de groep met hoog aantal koolhydraten, zorgt een hoge inname van koolhydraten niet voor verbeteringen in het uithoudingsvermogen.

Een review van Westman et al (2003) geeft aan dat een laag koolhydraat/ hoog vetdieet langer dan 7 dagen zorgt voor een afname van spierglycogeen en een verminderde koolhydraatverbranding.

Kortom, koolhydraten en vetten zijn de belangrijkste brandstoffen tijdens inspanning (Romijn et al 1993). Laag koolhydraatdiëten zorgen voor uitputting van spierglycogeen (Jeukendrup, 2004; Maughan & Sherriffs, 2011; Burke & Hawley, 2002; Westman et al, 2003). Tegelijkertijd verhoogt het de vetverbranding (Goedecke et al, 1999; Rowlands & Hopkins, 2002; Burke & Hawley, 2002) en worden er koolhydraten bespaart bij lichte tot matige inspanning (O'keeffe et al, 1989; Burke & Hawley, 2002). Cox et al (2010) voegt er aan toe dat enzymatische verbeteringen in de hoog koolhydraat groep niet direct leiden tot verbeteringen in het uithoudingsvermogen.

#### Train low, compete high

Train low, compete high is een principe waarbij de trainingen op een laag glycegeengehalte (weinig koolhydraten) worden uitgevoerd. Tijdens wedstrijden worden echter wel koolhydraten ingenomen zodat sporters tijdens de wedstrijden een hoog glycogeen gehalte hebben (Clark, 2008). Naar dit principe is weinig onderzoek gedaan.

Burke et al (2011) deed onderzoek naar het optimaliseren van de benodigde brandstof voor de spieren. In deze review wordt het principe 'train low compete high' besproken. Train low geeft een metabole stimulans. Het lichaam is minder afhankelijk van koolhydraten en door te trainen met weinig koolhydraten wordt de vetverbranding verhoogd. De spier,- en metabole verbeteringen zorgen niet direct voor prestatieverbetering. Het 'train low' principe vergroot het verlies van lichaamsvet en verlaagt de behoefte aan koolhydraten gedurende een wedstrijd. In Burke et al (2011) wordt ook benadrukt dat laag koolhydraatdiëten gedurende de trainingsperiode het vermogen om te trainen doen afnemen, ook de kracht gedurende de training neemt af. Tegelijkertijd neemt de perceptie van training toe.

Cox et al (2010) laat zien dat trainen met koolhydraten, de opname van deze koolhydraten in de darmen vergroot gedurende inspanning.

Het is belangrijk om bij het herhalen van laag koolhydraatdiëten in trainingsperiode stil te staan bij het risico om ziek te worden (Gleeson et al, 2004), blessures (Brouns et al, 1986) en over training (Petibois et al, 2003).

Samenvattend, 'train low compete high' zorgt voor een verhoogde vetverbranding en het lichaam wordt minder afhankelijk van koolhydraten. Er is geen duidelijke uitspraak mogelijk over het effect van 'train low compete high' op het aerobe uithoudingsvermogen. Hieronder wordt bekeken wat koolhydraatarme voeding met de vetverbranding doet.

#### Effect koolhydraatarme voeding op vetverbranding tijdens inspanning en rust

Alle onderzoeken die gevonden zijn over het effect op de vetverbranding, gaan over het effect tijdens inspanning. Het effect van koolhydraatarme voeding op de vetverbranding in rust wordt daarom niet bekeken in dit literatuuronderzoek.

Westman et al (2003) beweert in zijn review dat een chronische laag koolhydraat/ hoog vetdieet afgewisseld met korte koolhydraatrijke periodes, voor metabole aanpassingen zorgen die de vetverbranding optimaliseren. Dit geldt ook voor atleten die al een aangetoonde verhoogde vetverbranding hebben. Hoog vet/ laag koolhydraatdiëten laten de vetverbranding direct toenemen (Rowlands & Hopkins, 2002; Goedecke et al, 1999). Maughan & Sherriffs (2002) geven aan in hun review dat laag koolhydraatdiëten de vetverbranding bevorderen. Uit een eerder geschreven review blijkt dat koolhydraatinname voor aanvang van training op lichte tot matige intensiteit de vetverbranding negatief beïnvloedt (Achten & Jeukendrup, 2004).

Een RCT van Carey et al (2001) onderzocht het effect van koolhydraatdiëten op de vetverbranding en metabolisme. De eerste dag was de koolhydraatinname normaal, gevolgd door 6 dagen koolhydraatrijke voeding (11 gram/kg lichaamsgewicht koolhydraten, 1 gram/kg lichaamsgewicht vet) of een isocalorisch vetrijke voeding (2.6 gram/kg lichaamsgewicht koolhydraten, 4.6 gram/kg lichaamsgewicht vet). Dag 8 bestond uit koolhydraatrijke voeding en rust. Op dag 9 had iedereen dezelfde maaltijd. Vervolgens fietsten ze 4uur op 65% van hun Vo2max. Gevolgd door een uur durende time-trial. Uit deze RCT wordt geconcludeerd dat een 6 daags hoog vet/ laag



koolhydraatdieet gevolgd door een dag veel koolhydraten de vetverbranding doet verhogen gedurende langdurige submaximale inspanning, ook wanneer er koolhydraten worden bespaard. Deze RCT ondervond geen significante vooruitgang in het uithoudingsvermogen gedurende de testen.

### **Conclusie**

Uit de meest recente literatuur blijkt dat een laag koolhydraatdieet niet direct het aerobe uithoudingsvermogen verbetert. Indirect zijn er verschillende factoren die het aerobe uithoudingsvermogen zouden kunnen verbeteren. Het volgen van een laag koolhydraatdieet zorgt voor een afname van triglyceridenwaarden en insulinenwaarden in nuchtere toestand. Koolhydraatarme voeding zorgt voor een stijgende vetverbranding en het verlaagt de koolhydraatbehoefte.

### **Discussie**

Allereerst worden de verschillende resultaten met elkaar vergeleken, aan de hand van de mate van bewijsvoering. Hieruit komt een aanbeveling en uiteindelijk is er een kritische terugblik op dit literatuuronderzoek.

Wanneer er wordt gekeken naar de positieve en negatieve effecten gedurende het volgen van een laag koolhydraatdieet bij duursporters, zullen de positieve effecten zwaarder wegen als de negatieve effecten. De bewijsvoering van de effecten zijn hoog (A1), er is maar een RCT (B) gebruikt, dit is terug te zien in bijlage 4. Er zijn meer artikelen gevonden die de voordelen beschreven. Drie reviews die de voordelen beschreven geven aan dat laag koolhydraatdiëten steeds populairder worden, dit kan de reden zijn waarom er meer positieve effecten zijn gevonden.

Alle reviews (6) die het effect van een laag koolhydraatdieet op het aerobe uithoudingsvermogen beschreven, adviseren geen laag koolhydraatdieet (Jeukendrup, 2004; Jeukendrup, 2011; Burke & Hawley, 2002; Maughan & Sherriffs, 2011), tenzij het langer dan zeven dagen werd gevolgd (Burke & Hawley, 2002). De onderzoeken gaven aan dat laag koolhydraatdiëten zorgen voor een uitputting van spierglycogeen dat nadelig werkt gedurende duurtraining. Vervolgens zijn verschillende RCT's bekeken (B). Vijf van de zeven RCT's brachten positieve punten van een laag koolhydraatdieet in kaart, zoals; sparing van koolhydraten gedurende lichte tot matige inspanning en een verhoogde vetverbranding (Rowlands&Hopkins, 2002; Romijn et al, 1993; Lambert et al, 1994; Goedecke et al, 1999;

Venables et al, 2005). O'Keeffe et al (1989) concludeerde een verslechterde fietsduur tot vermoeidheid. De reden hiervoor kan zijn dat de koolhydraatinname in de experimentele groep lager was dan in de andere RCT's. Ook had O'keeffe et al (1989) een dieetduur van 7 dagen, de overige RCT's hadden een dieetduur van tenminste 14 dagen.

Over het principe 'train low compete high' is geen duidelijke uitspraak mogelijk. Er is weinig onderzoek gedaan naar dit principe. 'Train low, compete high' zou er voor zorgen dat het lichaam minder afhankelijk is van koolhydraten (Burke et al, 2011).

De vetverbranding neemt toe gedurende het volgen van een laag koolhydraatdieet (Westman et al, 2003; Rowlands & Hopkins, 2002; Goedecke et al, 1999; Maughan & Sherriffs, 2002; Achten en Jeukendrup, 2004). Carey et al (2001) concludeerde dat een 6 daags hoog vet/ laag koolhydraatdieet, gevolgd door een dag veel koolhydraten de vetverbranding optimaliseert gedurende langdurige submaximale inspanning, ondanks dat er koolhydraten worden bespaard.

Dit systematische literatuuronderzoek eindigt bij het schrijven van aanbevelingen. In bijlage 5 zijn aanbevelingen gericht op de doelstelling en voor vervolgonderzoek terug te vinden. De opdrachtgever is vrij om verder onderzoek uit te gaan voeren. Een aanbeveling aan de opdrachtgever is een intervaldieet. Hiermee wordt bedoeld dat men periodes van 7-14 dagen een laag koolhydraatdieet kan volgen om de vetverbranding te verhogen en het lichaam te stimuleren koolhydraten te besparen. Ook wordt aangeraden om vervolg onderzoek te doen naar het principe 'train low compete high' en de vetverbranding in rust. Meer hierover is terug te vinden in bijlage 5.

Dit literatuuronderzoek heeft verschillende tekortkomingen. Er is geen uitspraak gedaan over het principe 'train low compete high' en de vetverbranding in rust. Verder was er weinig literatuur te vinden over het effect van laag koolhydraatdiëten op het aerobe uithoudingsvermogen. Wanneer er meer literatuur beschikbaar was, wordt de conclusie betrouwbaarder. Er zijn RCT's meegenomen die het aantal grammen koolhydraten per kg lichaamsgewicht en het percentage koolhydraten weergeven. Het onderzoek was betrouwbaarder wanneer alle onderzoeken het aantal grammen per kg lichaamsgewicht weergaven. Een positief punt is dat de bewijsvoering van de literatuur hoog was, dit is terug te vinden in bijlage 4.

## Referenties

- Achten, J. & Jeukendrup, A.E. (2004). Optimized fat oxidation through exercise and diet. *Nutrition*. 20 (7/8), 717-726.
- Andersson, E.A., Lundahl, G., Wecke, L., Lindblom, I. & Nilsson, J. (2011). Maximal aerobic power versus performance in two aerobic endurance tests among young and old adults. *Gerontology*. 57(6), 502-512.
- Bravata, D.M., Sanders, L., Huang, J., Krumholz, H.M., Olkin, I., Gardner, C.D. & Bravata, D.M. (2003). Efficacy and safety of low-carbohydrate diets. A systematic review. *The journal of the American medical association*. 289(14), 1837-1850.
- Brouns, F., Saris, W.H., Hoor ten, F. (1986) Nutrition as a factor in the prevention of injuries in recreational and competitive downhill skiing. Considerations based on the literature. *The Journals of sports medicine and physical fitness*. 26(1), 85-91.
- Burke, L.M. & Hawley, J.A. (2002). Effects of short-term fat adaption on metabolism and performance of prolonged exercise. *Medicine en science in sports en exercise*. 34(9), 1492-1498.
- Burke, L.M., Hawley, J.A., Wong, S.H.S. & Jeukendrup, A.E. (2011). Carbohydrates for training and competition. *Journal of sport sciences*. 29(1), 17-27.
- Burke, L.M., Kiens, B. & Ivy, J.L. (2004). Carbohydrates and fat for training and recovery. *Journal of sport sciences*. 22(1), 15-30.
- Carey, A.L., Staudacher, H.M., Cummings, N.K., Stepto, N.K., Nikolopoulos, V., Burke L.M., & Hawley, J.A. (2001). Effects of fat adaptation and carbohydrate restoration on prolonged endurance exercise. *Journal Applied Physiology*. 91 (1), 115-122.
- Chevront, S.N. The zone diet phenomenon: A closer look at the science behind the claims. *Journal of the American college of nutrition*. 22(1), 9-17.
- Clark, N. (2008). Nancy Clark's sports nutrition guidebook. United kingdom: Nancy Clark.
- Cox, G.R., Clark, S.A., Cox, A.J., Halson, S.L., Hargreaves, M., Hawley, J.A., Jeacocke, N., Snow, R.J., Yeo, W.K. & Burke, L.M. (2010). Daily training with high carbohydrate availability increases exogenous carbohydrate oxidation during endurance cycling. *Journal of Applied physiology*. 109(1), 126-134.
- Crowe, T.C. (2005). Safety of low carbohydrate diets. *Obesity reviews*. 6(3), 235-245.
- Evans, W.J. & Hughes, V.A. (1985). Dietary carbohydrates and endurance exercise. *The American journal of clinical nutrition*. 41(5), 1146-1154.
- FCgroningen.nl (2012). Maaskant over zeefuik: "De kracht spat er van af". Opgevraagd op 9-1-2012 op <http://www.fcgroningen.nl/home/nieuws/nieuwsbericht/artikel/zeefuik-keert-terug-maaskant-de-kracht-spat-ervan-af/>.
- Frigolet, M.E., Barragán, V.E.R. & González M.T. (2011). Low-carbohydrate diets: A matter of love or hate. *Annales of Nutrition en Metabolism*. 58 (4), 320-334.
- Gezondheidsraad (2006). Richtlijnen gezonde voeding 2006. Opgevraagd op 11-10-2012 opgevraagd op <http://www.gezondheidsraad.nl/sites/default/files/2006@21N.pdf>.
- Gezondheidsraad (2001). Voedingsnormen. *Energie, eiwitten, vetten en verteerbare koolhydraten*. Opgevraagd op 8-11-2012 op <http://www.gezondheidsraad.nl/sites/default/files/01@19nR2.pdf>.
- Gleeson, M., Nieman, D.C. & Pedersen, B.K. (2004). Exercise, nutrition and immune function. *Journal of sports sciences*. 22(1), 115-125.
- Goedecke, J.H., Cristie, C., Wilson, G., Dennis S.C., Noakes, T.D., Hopkins, W.G. & Lambert, E.V. (1999). Metabolic adaptations to a high-fat diet in endurance cyclists. *Metabolism*. 48(12), 1509-1517.
- Han.nl (2012). Sports and Exercise Nutrition. Opgevraagd op 9-1-2012 op <http://specials.han.nl/themasites/seneca/kennisteam/sports-and-exercise-nutri/>.
- Heller, R. & Heller, R.F. (1991). The carbohydrate addict's diet. New York: Penguin books.
- Jeukendrup, A.E. (2004). Carbohydrate intake during exercise and performance. *Nutrition*. 20(7), 669-677.
- Jeukendrup, A.E. (2011). Nutrition for endurance sports: marathon, triathlon and road cycling. *Journal of sports sciences*. 29(1), 91-99.
- Johnston, C.S., Tjonn, S.L., Swan, P.D., White, A., Hutchins, H. & Sears, B.

- (2012). Ketogenic low-carbohydrate diets have no metabolic advantage over nonketogenic low-carbohydrate diets. *The American journal of clinical nutrition*. 83 (5), 1055-1061.
- Jong, de K. (2011). Wat is sportvasten? *Wielrenner magazine*. 3, 50-51.
  - Kwaliteitsinstituut voor de gezondheidszorg CBO (2007). Handboek voor werkgroepleden. *Literatuuronderzoek*. Opgevraagd op 25-9-2012 op <http://www.cbo.nl/Downloads/661/hoofdstuk5.pdf>.
  - Lambert, E.V., Speechly, D.P., Dennis, S.C. & Noakes, T.D. (1994). Enhanced endurance in trained cyclists during moderate intensity exercise following 2 weeks adaptation to a high fat diet. *European journal of applied physiology*. 69(4), 287-293.
  - Mathus-vliegen, E.M.H (2006). Beoordeling van gangbare en minder gangbare vermageringsdiëten [on-line]. *Informatorium voor voeding en diëtetiek*. 1-24. Opgehaald op 27-9-12 op <https://stc-proxy.han.nl/han/PlatformPM/www2.bs.nl/platformpm/>.
  - Maughan, R.J. & Burke, L.M. (2004). Sportvoeding. Maarssen: Elsevier gezondheidszorg.
  - Maughan, R.J. & Sherriffs, S.M. (2011). Nutrition for sports performance: issues and opportunities. *Cambridge journals*. 71(1), 112-119.
  - NOC\*NSF (ZJ). 20 Koolhydraten tijdens duursport. Opgevraagd op 11-10-2012 op [https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:FVjnlUetC2MJ:nocnsf.nl/cms/streambin.aspx?requestid%3DCA9C1772-AF19-40A0-A69F-BDE1EE15B98B+koolhydraat+bij+duursport&hl=nl&gl=nl&pid=bl&srcid=ADGESi8TBWko-MtoPc0hDiYm5K9W7tlKbFioFSVKvXvX8SN2b9U7ebG1dDj-DTwgKliv-05Zljr\\_GFgNeYqip9GhutB7Pz6pYROUywmViViuZSrjomS-vlmz0BUz2EN1I37Z8oOPID-&sig=AHItbR-nnAO36huhPU9HL-d7-isF3lv0A](https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:FVjnlUetC2MJ:nocnsf.nl/cms/streambin.aspx?requestid%3DCA9C1772-AF19-40A0-A69F-BDE1EE15B98B+koolhydraat+bij+duursport&hl=nl&gl=nl&pid=bl&srcid=ADGESi8TBWko-MtoPc0hDiYm5K9W7tlKbFioFSVKvXvX8SN2b9U7ebG1dDj-DTwgKliv-05Zljr_GFgNeYqip9GhutB7Pz6pYROUywmViViuZSrjomS-vlmz0BUz2EN1I37Z8oOPID-&sig=AHItbR-nnAO36huhPU9HL-d7-isF3lv0A).
  - Nordmann, A.J., Nordmann A., Briel, M., Keller, U., Yancy, W.S., Brehm, B.J. & Bucher, H.C. (2006). Effects of low-carbohydrate vs low-fat diets on weight loss and cardiovascular risk factors. *A meta-analysis of randomized controlled trials. Archives of internal Medicine*. 166 (3), 285-293.
  - O'Keeffe, K.A., Keith, R.E., Wilson, G.D. & Blessing, D.I. (1989). Dietary carbohydrate intake and endurance exercise performance of trained female cyclists. *Nutrition research*. 9(8), 819-830.
  - Petibois, C., Cazorla, G., Poortmans, J.R. & Déléris, G. (2003). Biochemical aspects of overtraining in endurance sports: the metabolism alteration process syndrome. *Sports Medicine*. 33(2), 83-94.
  - Priebe, M.G., Hagedoorn, R.E., Tabak, S. & Vonk R.J. (2009). Koolhydraten [on-line]. *Informatorium voor voeding en diëtetiek*. Opgevraagd op 27-9-2012 op <https://stc-proxy.han.nl/han/PlatformPM/www2.bs.nl/platformpm/>.
  - Romijn, J.A., Coyle, E.F., Gastaldelli, A., Horowitz, J.F., Endert, E. & Wolfe, R.R. (1993). Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. *American Journal of physiology endocrinology and metabolism*. 265(3), 380-391.
  - Rowlands, D.S. & Hopkins, W.G. (2002). Effects of high fat and high-carbohydrate diets on metabolism and performance in cycling. *Metabolism*. 51(6), 678-690.
  - Sears, B. (1995). *The zone*. New York: Harper Collins.
  - Sportvasten (2012). De wetenschappelijke achtergronden. Opgevraagd op 7-9-2012 op <http://sportvasten.nl/?page=scientificbackground>.
  - Stegeman, N.E. (2009). *Voeding bij gezondheid en ziekte*. Groningen/Houten: Noordhoff Uitgevers.
  - Steward, H.L., Bethea, M.C., Andrew, S.S. & Balart, L.A. (1995). *Sugar Busters!* New York: Penguin books.
  - Venables, M.C., Achten, J. & Jeukendrup A.E. (2005). Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross-sectional study. *Journal of applied physiology*. 98(10), 160-167.
  - Westman, E.C., Mavropoulos, J., Yancy, W.S. & Volek, J.S. (2003). A review of low-carbohydrate ketogenic diets. *Current Atherosclerosis Reports*. 5 (6), 476-483.

- Wood, R.J., Fernandez M.L., Sharman, M.J., Silvestre, R., Greene, C.M., Zern, T.L., Shrestha, S., Judelson, D.A., Gomez A.L., Kraemer W.J. & Volek, J.S. (2007). Effects of a carbohydrate-restricted diet with and without supplemental soluble fiber on plasma low-density lipoprotein cholesterol and other clinical markers of cardiovascular risk. *Metabolism*.56 (1), 58-67.
- Wilmore, J., Costill, D.& Larry Kenney, W. (2009). *Inspannings,- en sportfysiologie*. Maarssen: Elsevier gezondheidszorg.
- World Health Organization. (2003). Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. *Report of a joint WHO/FAO expert consultation*. Geneva: WHO.

## Bijlage 1: Zoektermen

	PubMed	Cochrane (HAN)
Low CHO diet	331 hits*	170 hits
Low carbohydrate diet	3465 hits**	1473 hits
Carbohydrate-restricted diet	1081 hits	143 hits
Low carbohydrate diet AND consequences	46 hits	24 hits
Carbohydrate-restricted diet AND consequences	19 hits	3 hits
Low carbohydrate diet AND benefit	106 hits	88 hits
Low carbohydrate diet AND benefit in exercise	24 hits	13 hits
Low carbohydrate diet AND advantage	32 hits	28 hits
Benefits low carbohydrate diet AND endurance performance	4 hits	2 hits
Advantages low carbohydrate diet AND endurance performance	2 hits	-
Carbohydrate-restricted diet AND benefit	35 hits	13 hits
Carbohydrate-restricted diet AND advantage	11 hits	6 hits
Low carbohydrate diet AND disadvantage	3 hits	-
Carbohydrate-restricted diet AND disadvantage	1 hit	-
Aerobic endurance	2607 hits	529 hits
Effects of Aerobic endurance	910 hits	373 hits
Factors of aerobic endurance	706 hits	124 hits
Factors of endurance performance	1723 hits	338 hits
Low carbohydrate diet AND endurance performance	73 hits	35 hits
Carbohydrate-restricted diet AND endurance performance	8 hits	-
Low carbohydrate diet AND aerobic endurance	21 hits	10 hits
Carbohydrate-restricted diet AND aerobic endurance	4 hits	-
Low carbohydrate diet AND VO2 max	15 hits	11 hits
Carbohydrate-restricted diet AND VO2 max	3 hits	-
Train low compete high	7 hits	11 hits
Effects of train low compete high	3 hits	7 hits
Train low compete high AND aerobic endurance	-	-
Train low compete high AND endurance performance	1 hit	1 hit
Low carbohydrate diet AND fat oxidation	203 hits	106 hits
Low carbohydrate diet AND fat oxidation in endurance performance	13 hits	9 hits
Carbohydrate-restricted diet AND fat oxidation	37 hits	7 hits
Low carbohydrate diet AND fat embolism	-	-
Carbohydrate-restricted diet AND fat embolism	-	-

\* Alle hits zijn gezocht op 2 oktober 2012.

\*\* Alle hits bij Pubmed zijn exclusief onderzoeken gericht op dieren.

## **Bijlage 2: Mate van bewijsvoering**

- ✓ **A1** Systematische review met tenminste twee van elkaar onafhankelijk uitgevoerde onderzoeken van A2 niveau.
- ✓ **A2** Gerandomiseerd dubbelblind onderzoek vergelijkend klinisch onderzoek van goede kwaliteit en voldoende omvang. *(Onderzoek ten opzichte van een referentietest met van te voren gedefinieerde afkapwaarden en een onafhankelijke beoordeling van de resultaten van zowel de test als de referentietest. De test moet voldoende patiënten hebben die alle de index- en referentietest hebben gehad).*
- ✓ **B** Vergelijkend onderzoek, maar niet met alle kenmerken als genoemd onder A2 (hieronder valt ook patiënt-controle onderzoek en cohort-onderzoek) *(Onderzoek ten opzichte van een referentietest, maar niet met alle kenmerken van A2).*
- ✓ **C** Niet-vergelijkend onderzoek
- ✓ **D** Mening van deskundigen (Kwaliteitsinstituut voor de gezondheidszorg CBO, 2007).

## Bijlage 3: Verschillende RCT's gericht op het effect van laag koolhydraatdiëten op het aerobe uithoudingsvermogen

\* Hier zijn geen gegevens beschikbaar over de hoeveelheid gram per kg lichaamsgewicht.

Onderzoek	Populatie	Koolhydraat inname	Protocol	Voordelen van de hoog vet/ laag koolhydraatdiëten .
O'Keefe et al (1989)	7 matig getrainde vrouwen. Cross-over design.	7 dagen; Hoog vet/laag koolhydraat (59% vet 1.2 gram per kg lichaamsgewicht koolhydraten) Koolhydraat (6.4 gram per kg lichaamsgewicht koolhydraten)	Fietsduur tot vermoeidheid op 80% van de VO2max.  (3-4u na de maaltijd, geen koolhydraat inname gedurende de inspanning)	De fietsduur tot vermoeidheid verslechterd in de hoog vet/laag koolhydraat groep. De tijd tot vermoeidheid daalt met 47%.
Lambert et al (1994)	5 mannelijke goed getrainde fietsers. Cross-over design.	14 dagen; Hoog vet/laag koolhydraat (67% vet en 17% koolhydraten*) Koolhydraat (74% koolhydraten*)	Fietsduur tot vermoeidheid op 60% van de VO2max. (Voorafgaand de Wingate test en tijd op 90% van de VO2 max. En 's nachts niets eten en geen koolhydraat inname gedurende inspanning.	Tijd tot vermoeidheid nam toe met 87% in de hoog vet/laag koolhydraat groep. Er was geen significant verschil gedurende de intensieve inspanningstest.
Goedecke et al (1999)	2 x 8 goed getrainde mannelijke fietsers. Parallel design.	15 dagen; Hoog vet/laag koolhydraat (69% vet en 2.2 gram koolhydraten per kg lichaamsgewicht) Koolhydraat (5.5 gram koolhydraten per kg lichaamsgewicht)	150 minuten fietsen op 70% van de VO2 max + een time-trial van ongeveer 60 minuten (40 km volbrengen). (Medium Chain Glycerides (MCT) inname 1.5 uur voor het begin. MCT (0.3 gram per kg lichaamsgewicht per uur) en koolhydraat (0.8 gram per kg lichaamsgewicht per uur) gedurende inspanning)  Prestatie werd gemeten bij 0,5,10 en 15 dagen.	De tijd-trial prestaties verbeterde in beide groepen door het trainingsprotocol. Er zijn significante verbeteringen te zien in beide groepen op dag 10. Maar geen verschil in gemiddelde tussen de twee groepen.
Rowlands & Hopkins (2002)	7 goed getrainde mannelijke fietsers.	14 dagen; Hoog vet/ laag koolhydraat (66% vet en 15% koolhydraten*). Hoog koolhydraat (16% vet, 70% koolhydraten). Of 11.5 dagen hoog vetdieet gevolgd door 2.5 dagen koolhydraatladen	5 uur fiets protocol, inclusief 15 min time-trial + Incrementele test + 100km time-trial.  (Hoog vet/laag koolhydraat = hoog vet maaltijd vooraf. Hoog koolhydraat = hoog koolhydraat maaltijd vooraf. Beide groepen 0.8 gram koolhydraten per kg lichaamsgewicht per uur gedurende de rit).	Uitgaande van de baseline testen: De hoog koolhydraat groep laat een kleine niet-significante daling zien in beide 15 min time-trial en 100 km time-trial. De hoog vet/laag koolhydraat groep laat een groter maar niet-significante daling in de 15 min time-trial maar een kleine niet-significante verbetering gedurende de 100 km time-trial zien.

## Bijlage 4: Bewijsvoering gebruikte artikelen

Theoretische deelvraag: Wat zijn de effecten van het volgen van een laag koolhydraatdieet voor duursporters

### Positieve effecten

1.	Review <b>A1</b>	Low-carbohydrate diets: A Matter of love or hate	Frigolet et al (2011)
2.	Review <b>A1</b>	Effects of low-carbohydrate vs low-fat diets on weight loss & cardiovascular risk factors	Nordman et al (2006)
3.	Review <b>A1</b>	Efficacy and safety of low carbohydrate diets. A systematic review	Bravata et al (2003)
4.	RCT <b>B</b>	Effects of a carbohydrate-restricted diet with and without supplemental soluble fiber on plasma low-density lipoprotein cholesterol and other clinical markers of cardiovascular risk	Wood et al (2007)
5.	Review <b>A1</b>	A review of low-carbohydrate ketogenic diets	Westman et al (2003)

### Negatieve effecten

2.	Review <b>A1</b>	Nutrition for sports performance: issues and opportunities	Maughan & Sherriffs (2011)
3.	Mening deskundige <b>D</b>	Beoordeling van gangbare en minder gangbare vermageringsdiëten [on-line]	Mathus-vliegen (2006)

Theoretische deelvraag: Effecten van laag koolhydraatdiëten op het aerobe uithoudingsvermogen bij duursporters.

1.	Review <b>A1</b>	Carbohydrate intake during exercise and performance	Jeukendrup (2004)
2.	Review <b>A1</b>	Nutrition in endurance sports	Jeukendrup (2011)
3.	Review <b>A1</b>	Carbohydrates and fat for training and recovery	Burke et al (2004)
4.	Review <b>A1</b>	Effects of short-term fat adaption on metabolism and performance of prolonged exercise.	Burke & Hawley (2002)
5.	RCT <b>B</b>	Effects of high-fat and high carbohydrate diets on metabolism and performance in cycling	Rowlands & Hopkins (2002)
6.	RCT <b>B</b>	Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration	Romijn et al (1993)
7.	Review <b>A1</b>	Nutrition for sports performance: issues and opportunities	Maughan & Sherriffs (2011)
8.	RCT <b>B</b>	Dietary carbohydrate intake and endurance exercise performance of trained female cyclists.	O'keeffe et al (1989)
9.	RCT <b>B</b>	Enhanced endurance in trained cyclists during moderate intensity exercise following 2 weeks adaptation to a high fat diet.	Lambert et al (1994)
10.	RCT <b>B</b>	Metabolic adaptations to a high-fat diet in endurance cyclists	Goedecke et al (1999)
11.	RCT <b>B</b>	Daily training with high carbohydrate availability increases exogenous carbohydrate oxidation during endurance cycling.	Cox et al (2010)



12.	RCT <b>B</b>	Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross-sectional study	Venables et al (2005)
13.	Review <b>A1</b>	A review of low-carbohydrate ketogenic diets.	Westman et al (2003)

Theoretische deelvraag: Wat houdt het principe 'train low compete high' in, wat voor invloed heeft dit op het aerobe uithoudingsvermogen?

1.	Review <b>A1</b>	Carbohydrates for training and competition.	Burke et al (2011)
2.	RCT <b>B</b>	Daily training with high carbohydrate availability increases exogenous carbohydrate oxidation during endurance cycling.	Cox et al (2010)

Theoretische deelvraag: In hoeverre heeft een laag koolhydraat diet invloed op de vetverbranding tijdens inspanning en rust?

1.	Review <b>A1</b>	A review of low-carbohydrate ketogenic diets.	Westman et al (2003)
2.	RCT <b>B</b>	Effects of high- fat and high carbohydrate diets on metabolism and performance in cycling.	Rowlands & Hopkins (2002)
3.	Review <b>A1</b>	Nutrition for sports performance: issues and opportunities	Maughan & Sherriffs (2011)
5.	RCT <b>B</b>	Metabolic adaptations to a high-fat diet in endurance cyclists	Goedecke et al (1999)
6.	RCT <b>B</b>	Effects of fat adaptation and carbohydrate restoration on prolonged endurance exercise	Carey et al (2001)
7.	Review <b>A1</b>	Optimized fat oxidation through exercise and diet.	Achten en Jeukendrup (2004)

## Bijlage 5: Aanbevelingen

In deze bijlage worden aanbevelingen gedaan aan de opdrachtgever. Er worden twee soorten aanbevelingen gedaan. De eerste aanbeveling is gericht op de doelstelling en de tweede is gericht op vervolg onderzoek. Aan het eind van deze bijlage wordt weergegeven wat de functie van een Sport, Gezondheid Manager (SGM-er) kan betekenen voor de opdrachtgever tijdens het uitvoeren van de aanbevelingen.

### Aanbeveling 1

Het doel van het onderzoek luidt: “Het doel van dit systematische literatuuronderzoek is het in kaart brengen van het effect van een laag koolhydraatdieet op het aerobe uithoudingsvermogen. Uit dit onderzoek zullen mogelijk aanbevelingen voortvloeien om aanpassingen te doen aan de huidige dieetbehandelingsrichtlijn wedstrijd sport”.

Zoals in de discussie al naar voren komt wordt een intervaldiët aangeraden. Hiermee wordt bedoeld dat duursporters korte periodes (7-14dagen) een laag koolhydraatdieet volgen. Wat bleek uit de resultaten van deze literatuurstudie is dat korte periodes koolhydraatarme voeding de vetverbranding verhogen tijdens inspanning (Goedecke et al, 1999; Rowlands & Hopkins, 2002; Burke & Hawley, 2002; Maughan & Sherriffs, 2002; Achten en Jeukendrup, 2004; Westman et al, 2003; Carey et al, 2001; Burke et al, 2011) en de koolhydraatbehoefte doen afnemen bij lichte tot matige inspanning (O’keeffe et al, 1989; Burke & Hawley, 2002; Burke et al, 2011). Maar tegelijkertijd kan een laag koolhydraatdieet zorgen voor uitputting van spierglycogeen (Jeukendrup, 2004; Maughan & Sherriffs, 2011; Burke & Hawley, 2002; Westman et al, 2003).

Het is daarom van belang om tijdens de korte periodes (7-14 dagen) van koolhydraatarme voeding geen zware inspanning te leveren. Tijdens deze periodes wordt matige activiteit aangeraden. Om een beeld te krijgen op welk percentage er wordt getraind is hieronder tabel 1 weergegeven.

Tabel 1: Weergave van intensiteit voor training (Willmore & Costill, 2009).

<b>Intensiteit</b>	<b>Percentage Hfmax</b>	<b>Percentage VO2max</b>
Tamelijk licht	35-59% van de Hfmax	30-49% van de VO2max
Redelijk zwaar	60-79% van de Hfmax	50-74% van de VO2max
Zwaar	80-89% van de Hfmax	75-84% van de VO2max

Tijdens het volgen van een laag koolhydraatdieet zal dus voornamelijk getraind worden in de categorie ‘tamelijk licht’ en ‘redelijk zwaar’.

In bijlage 2 waren verschillende RCT’s terug te vinden die de experimentele groep een laag koolhydraatdieet lieten volgen. Aan de hand van deze gegevens wordt aangeraden de koolhydraatinname te reduceren tot 2 à 3 gram koolhydraten per kg lichaamsgewicht. De normale koolhydraatbehoefte voor duursporters bij matige activiteit is 5-7 gram/kg/dag (Burke et al, 2011).

Een formule voor het berekenen van het rustmetabolisme is: (Lichaamsgewicht in kg\*MET\*3.5 ml O<sub>2</sub>)/200.

Een duursporter met een gezond gewicht (22jaar;1.80cm;75kg) heeft een rustmetabolisme van: (72\*1\*3.5) = 262.2

262.2/200 = 1.31 kcal per minuut

$1.31 \cdot 60 = 78.6$  kcal per uur  
 $78.6 \cdot 24 = 1886.4$  kcal per dag.

De duursporter fietst 2u per dag op matige intensiteit. De MET waarden hiervan is 8 (Ainsworth et al, 1993).

Het energieverbruik zal toenemen.  
 $(75 \cdot 8 \cdot 3.5) = 2100$   
 $2100/200 = 10.5$  kcal per minuut.  
 $10.5 \cdot 120 = 1260$  kcal per 2 uur.

Het rustmetabolisme + de 2u fietsen op matige intensiteit levert een energieverbruik van:

$78.6 \cdot 22 = 1729.2$  kcal  
1260 kcal  
-----+  
2989.2 kcal per dag

Bij het laag koolhydraatdieet wordt uitgegaan van 2.5 gram koolhydraten per kg lichaamsgewicht.

$2.5 \text{ gram} \cdot 75 = 187.5$  gram koolhydraten.  
 $187.5 \cdot 4 = 750$  kcal uit koolhydraten.  
Er zal 750 kcal gehaald worden uit koolhydraten.

Men houdt nog  $2989.2 - 750 = 2239.2$  kcal over, deze zullen gehaald moeten worden uit vetten en eiwitten. Tijdens inspanning waren koolhydraten en vetten de belangrijkste brandstoffen (Romijn et al, 1993; Evans & Hughes, 1985). Daarom wordt er geadviseerd om de eiwitten gelijk te houden. De richtlijn voor eiwitten is 0.8 gram per kg lichaamsgewicht (Voedingscentrum, 2012). In dit geval is het dus  $0.8 \cdot 75 = 60$  gram eiwitten. Eiwitten leveren net zoals koolhydraten 4 kcal per gram eiwit (voedingscentrum, 2012). De hoeveelheid kcal die de duursporter binnen krijgt vanuit eiwitten is dan:  $60 \cdot 4 = 240$  kcal. De overige  $2239.2 - 240 = 1999.2$  kcal zal dus uit vetten moeten komen. Één gram vet levert 9 kcal (voedingscentrum, 2012). De duursporter krijgt dus  $1999.2/9 = 222.13$  gram vetten per dag binnen. Dat is 89.3% ( $1999.2 \cdot 100/2239.2 = 89.3\%$ ) vet. De aanbevolen hoeveelheid is 20-40% vet (voedingscentrum, 2012). De hoeveelheid vet is dus aanzienlijk hoger. Het is daarom van belang om tijdens de korte periodes (7-14 dagen) dat er een laag koolhydraatdieet wordt gevolgd nauwlettend wordt stilgestaan bij de gevolgen van 'te veel' vet. Uit deze gegevens blijkt dat het percentage vet ver boven de aanbevolen hoeveelheid ligt, hierdoor is het belangrijk dat de koolhydraatarme periodes niet te vaak per jaar worden herhaald.

*\* De opdrachtgever is vrij om te hoeveelheid vetten en eiwitten te veranderen. Het is belangrijk om de hoeveelheid koolhydraten het zelfde te houden.*

Verder heeft de huidige dieetbehandelingsrichtlijn wedstrijd sport alle klachten en stoornissen goed uitgewerkt. Het is van belang om deze duursporters tijdens de koolhydraatarme periodes goed te observeren om te kijken of deze klachten en stoornissen eerder/later/erger/minder erg plaatsvinden.

### Aanbeveling 2

Dit systematisch literatuuronderzoek geeft mogelijk niet direct voldoende bewijs om aanpassingen te doen aan de huidige dieetbehandelingsrichtlijn wedstrijd sport. Het onderzoek is een opstapje voor aanpassingen aan de richtlijn in de toekomst.

De eerste aanbeveling zou kunnen worden uitgevoerd in een praktijkonderzoek om te kijken of dit een verantwoorde methode is om het aerobe uithoudingsvermogen bij duursporters te verbeteren.

Zoals in de discussie naar voren komt worden er aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek. Allereerst is het noodzakelijk om meer onderzoek te doen naar het 'train low compete high' principe, hierover is tot op heden nauwelijks literatuur te vinden. Het is ook van belang om verder onderzoek te doen naar de vetverbranding in rust. De vetverbranding tijdens inspanning gedurende het volgen van een laag koolhydraatdieet neemt toe. Maar wat er vervolgens met de vetverbranding in rust gebeurt, is in deze literatuurstudie niet terug te vinden.

Het effect van laag koolhydraatdiëten op het aerobe uithoudingsvermogen zal duidelijk moeten worden na vervolgonderzoek gericht op de literatuur maar ook op de praktijk. Wanneer dit effect duidelijk is zal er mogelijk ook een conclusie getrokken kunnen worden over het effect van sportvasten op het aerobe uithoudingsvermogen. Maar om een conclusie te trekken over het effect van sportvasten op het aerobe uithoudingsvermogen zal dus eerst het effect van laag koolhydraatdiëten duidelijk moeten zijn.

### **Functie Sport, Gezondheid Manager**

Functie van een SGM-er tijdens aanbeveling 1: Een SGM-er kan een nulmeting en nameting met de duursporter uitvoeren. De SGM-er kan lengte, gewicht en vetpercentage meten. De BMI berekenen en een conditietest uitvoeren (Astrand fietstest). Tegelijkertijd kan de SGM-er het proces managen. Er wordt dan overzicht behouden tijdens het proces. Een SGM-er kan tijdens het proces de duursporter coachen. Een juiste benadering kan een extra stimulans zijn om het dieet en de training vol te houden. Na de onderwijseenheid (OWE) leefstijlbegeleiding, de minor 'Leefstijlprogramma op maat' en deze afstudeeropdracht heeft een SGM-er kennis opgedaan over voeding. Op deze manier kan de SGM-er ook helpen met een voedingsadvies.

Functie van een SGM-er na het uitvoeren van aanbeveling 1: Wanneer de opdrachtgever de aanbeveling uit gaat voeren met meerder duursporters kan de SGM-er een adviesrapport schrijven voor mogelijke aanpassing voor de huidige dieetbehandelingsrichtlijn wedstrijd sport.

Functie van een SGM-er tijdens het uitvoeren van aanbeveling 2: Een SGM-er heeft gedurende de opleiding verschillende OWE's gevolgd waar onderzoek aan bod kwam. Een SGM-er kan helpen bij literatuur en/of praktijkonderzoek. Ze kunnen literatuur met elkaar vergelijken en kunnen testen afnemen tijdens het praktijkonderzoek. Ook kunnen ze resultaten analyseren met bijvoorbeeld SPSS. De studenten zijn op de hoogte van de richtlijnen voor het schrijven van een artikel, ze kunnen dus ook een bijdrage leveren bij het schrijven van een artikel.

## Referenties

- Achten, J. & Jeukendrup, A.E. (2004). Optimized fat oxidation through exercise and diet. *Nutrition*. 20 (7/8), 717-726.
- Ainsworth, B.E, Haskell, W.L., Leon, A.S., Jacobs, D.R., Montoye, H.J., Sallis, J.F. & Paffenbarger, R.S. (1993). Compendium of physical activities: Classification of energy costs of human physical activities. *Medicine and science in sports and exercise*. 25(1), 71-80.
- Burke, L.M. & Hawley, J.A. (2002). Effects of short-term fat adaption on metabolism and performance of prolonged exercise. *Medicine en science in sports en exercise*. 34(9), 1492-1498.
- Burke, L.M., Hawley, J.A., Wong, S.H.S. & Jeukendrup, A.E. (2011). Carbohydrates for training and competition. *Journal of sport sciences*. 29(1), 17-27.
- Carey, A.L., Staudacher, H.M., Cummings, N.K., Stepto, N.K., Nikolopoulos, V., Burke L.M., & Hawley, J.A. (2001). Effects of fat adaptation and carbohydrate restoration on prolonged endurance exercise. *Journal Applied Physiology*. 91 (1), 115-122.
- Evans, W.J. & Hughes, V.A. (1985). Dietary carbohydrates and endurance exercise. *The American journal of clinical nutrition*. 41(5), 1146-1154.
- Goedecke, J.H., Cristie, C., Wilson, G., Dennis S.C., Noakes, T.D., Hopkins, W.G. & Lambert, E.V. (1999). Metabolic adaptations to a high-fat diet in endurance cyclists. *Metabolism*. 48(12), 1509-1517.
- Jeukendrup, A.E. (2004). Carbohydrate intake during exercise and performance. *Nutrition*. 20(7), 669-677.
- Maughan, R.J. & Sherriffs, S.M. (2011). Nutrition for sports performance: issues and opportunities. *Cambridge journals*. 71(1), 112-119.
- O'Keeffe, K.A., Keith, R.E., Wilson, G.D. & Blessing, D.I. (1989). Dietary carbohydrate intake and endurance exercise performance of trained female cyclists. *Nutrition research*. 9(8), 819-830.
- Romijn, J.A., Coyle, E.F., Gastaldelli, A., Horowitz, J.F., Endert, E. & Wolfe, R.R. (1993). Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. *American Journal of physiology endocrinology and metabolism*. 265(3), 380-391.
- Rowlands, D.S. & Hopkins, W.G. (2002). Effects of high fat and high-carbohydrate diets on metabolism and performance in cycling. *Metabolism*. 51(6), 678-690.
- Voedingscentrum.nl (2012). Eiwitten. Opgevraagd op 15-1-2013 op <http://www.voedingscentrum.nl/encyclopedie/eiwitten.aspx>.
- Voedingscentrum.nl (2012). Vetten. Opgevraagd op 15-1-2013 op <http://www.voedingscentrum.nl/encyclopedie/vetten.aspx>.
- Westman, E.C., Mavropoulos, J., Yancy, W.S. & Volek, J.S. (2003). A review of low-carbohydrate ketogenic diets. *Current Atherosclerosis Reports*. 5 (6), 476-483.
- Wilmore, J., Costill, D. & Larry Kenney, W. (2009). *Inspannings,- en sportfysiologie*. Maarssen: Elsevier gezondheidszorg.

## **Bijlage 6: Authenticiteitverklaring**

### **Verklaring van origineel ingeleverd werkstuk/rapport/scriptie**

Door ondertekening van deze verklaring, geef ik aan dat het door mij ingeleverd(e) werkstuk/rapport/scriptie (verder te noemen "product") zelfstandig en zonder enige externe hulp door mij is vervaardigd.

**Artikel: Zorgt een laag koolhydraatdieet voor verbeteringen in het aerobe uithoudingsvermogen?**

In delen van het product, die letterlijk of bijna letterlijk zijn geciteerd uit externe bronnen (zoals internet, boeken, vakbladen etc) is dit door mij via een verwijzing (b.v. voetnoot) expliciet kenbaar gemaakt in het geciteerde tekstdeel (cursief gedrukt).

Verder verklaar ik dat het product (resp. delen daarvan) nooit eerder door mij is aangeboden aan deze of een andere examencommissie.

Door het afleggen van deze verklaring geef ik expliciet aan dat ik me er bewust ben van de fraude-sancties zoals vastgelegd in de Uitvoeringsregeling van het HAN-reglement examencommissies.

Plaats: **Nijmegen**

Datum: 17-01-2013

Volledige namen: **Fleur Scheepers**

HBO-bacheloropleiding: **SGM**

Studentnummers: **463656**

Handtekening:

# Bijlage 7: Onderzoeksplan

## Inhoudsopgave

<b>INLEIDING .....</b>	<b>24</b>
PROJECTKADER.....	24
PROBLEEMSTELLING .....	26
DOELSTELLING.....	26
VRAAGSTELLINGEN.....	26
ONDERZOEKSMODEL .....	26
BEGRIPPENKADER .....	27
RELEVANTIE MET SPORT, GEZONDHEID EN MANAGEMENT.....	28
LEESWIJZER .....	28
<b>METHODE .....</b>	<b>29</b>
ONDERZOEKSOPZET.....	29
ZOEKMETHODE .....	29
INCLUSIECRITERIA .....	30
DATA-ANALYSE.....	30
BETROUWBAARHEID EN VALIDITEIT.....	31
<b>REFERENTIES .....</b>	<b>32</b>

## **Inleiding**

In de inleiding wordt de afstudeeropdracht gepresenteerd. Dit wordt gedaan door het projectkader, de probleemstelling en het onderzoeksmodel in kaart te brengen. Verder worden veel gebruikte begrippen uitgelegd. De relevantie met het vakgebied van de student wordt onderbouwd. Aan het einde van de inleiding is een leeswijzer voor de rest van de afstudeeropdracht terug te vinden.

## **Projectkader**

De stage organisatie is HAN Seneca Sports and Exercise Nutrition. Zij willen iedereen een meerwaarde laten ervaren van kwalitatief hoogwaardige voeding bij sport en bewegen.

De stageorganisatie zorgt voor een combinatie van onderwijs, het doen van onderzoek en dienstverlening in de praktijk op het gebied van sportvoeding. Door deze combinatie wil deze organisatie er voor zorgen dat in 2016 het Instituut Sport en Bewegingsstudies (ISBS) mede wordt gezien als de belangrijkste opleider voor professionals op het gebied van sportvoeding en sportvoedingsbegeleiding in Nederland (HAN Seneca Sports and Exercise Nutrition, ZJ).

De aanleiding volgens de stageorganisatie, voor dit onderzoek komt voort uit het feit dat in de praktijk steeds meer atleten sportvasten als middel om prestatie te verbeteren gebruiken. Het gaat hierbij om kortdurende aanpassingen in de voeding en trainingmethode. In de recreatieve sport, met name in de fitnesssector wordt ook steeds meer geëxperimenteerd met sportvasten om invloed uit te oefenen op het prestatievermogen. Doordat sportvasten steeds bekender en populairder wordt bij de bevolking wil HAN Seneca Sports and Exercise Nutrition een literatuuronderzoek gericht op de invloed van sportvasten op het aerobe uithoudingsvermogen. De reden dat HAN Sports and Exercise Nutrition een literatuuronderzoek wil, is omdat uit het literatuuronderzoek aanbevelingen voort zullen vloeien. Deze aanbevelingen hebben betrekking op eventuele aanpassingen van de huidige voedingsadvisering (dieetbehandelingsrichtlijn wedstrijd sport). In het systematisch literatuuronderzoek zal worden gekeken naar laag koolhydraatdiëten in plaats van sportvasten. Naar sportvasten is nog weinig onderzoek gedaan, maar sportvasten heeft veel overeenkomsten met een laag koolhydraatdieet. Er is onvoldoende informatie om alleen onderzoek te doen naar sportvasten, vandaar dat er naar laag koolhydraatdiëten wordt gekeken.

Sportvasten is een trainingmethode van 10 dagen waarbij je spieren en lever worden getraind om vetten te gaan verbruiken in plaats van koolhydraten. Insuline zorgt voor de opslag van vetten en koolhydraten. Insuline blokkeert het loslaten van vetten door de vetcellen, ook wel lipolyse. Hormonen zoals adrenaline, noradrenaline en het groeihormoon stimuleren het vrijmaken van vetten als brandstof. Tijdens en na het sporten maakt men veel van deze vet-vrijmakende hormonen aan. Dit samen met een tekort van koolhydraten in de spieren en de rest van het lichaam gedurende het vasten zorgt deze omschakeling voor de 'metabole switch'. De 'metabole switch' is de omschakeling van koolhydraat,- naar vetverbranding (Sportvasten, 2012).

Volgens een casestudy van Jong (2011) wordt gedurende de sportvastenkuur (10 dagen) je lichaam getraind om energiezuinige vetvoorraden optimaal als brandstof te gebruiken. Tijdens de sportvastenkuur krijg je namelijk geen of nauwelijks koolhydraten binnen, terwijl je toch aan het sporten bent (Jong, 2011). Doordat men als sporter geen of nauwelijks koolhydraten binnen krijgt tijdens de sportvastenkuur, geeft dat het verband weer waarom er onderzoek wordt gedaan naar de effecten van laag koolhydraatdiëten en het aerobe uithoudingsvermogen. Met de resultaten van het onderzoek naar de effecten van laag koolhydraatdiëten op het aerobe uithoudingsvermogen kan men uiteindelijk ook een uitspraak doen over de invloed van sportvasten op het aerobe uithoudingsvermogen.



Om een beeld te krijgen van laag koolhydraatdiëten heeft de RTC van Brehm et al (2003) een norm opgesteld voor de koolhydraatname bij de experimentele groep die een laag koolhydraatdieet volgden. De eerste twee weken moest men minder dan 20 gram aan koolhydraten per dag binnen krijgen. Na deze twee weken werd het aantal koolhydraten verhoogd tussen de 40-60 gram koolhydraten per dag. De koolhydraatbehoefte voor een gemiddelde Nederlander met een gezond gewicht is volgens de Gezondheidsraad (2006) 40 energie%. De koolhydraatname heeft een acceptabele spreiding van 40-70 energie%. Bij duursport veranderen de koolhydraatbehoeften. Het NOC\*NSF (ZJ) heeft een overzicht gegeven in een factsheet over de koolhydraatbehoeften gedurende inspanning. Bij inspanning < 45 minuten zijn geen koolhydraten nodig. Bij inspanning tussen de 45-75 minuten is een kleine hoeveelheid nodig, hierbij kan men denken aan een mondspoeling met een koolhydraatrijke sportdrink. Wanneer de inspanning 1-2 uur duurt, wordt 30 gram koolhydraten per uur aangeraden. Verschillende soorten koolhydraten kunnen worden ingenomen. Mocht de duur 2-3 uur zijn, dient men tot 60 gram koolhydraten per uur tot zich te nemen, belangrijk is om koolhydraten te kiezen die snel opgenomen worden in het lichaam. Hierbij valt te denken aan monosachariden (glucose). Bij inspanning >3uur zal men tot 90 gram koolhydraten per uur tot zich moeten nemen. Hierbij is het juist van belang om een combinatie van koolhydraten te gebruiken. Dit zal een combinatie zijn van monosachariden (glucose) en disachariden (fructose) (NOC\*NSF, ZJ). Burke et al (2011) geeft ook richtlijnen voor de koolhydraatname gedurende inspanning. Zij adviseren in hun review om bij <45 min geen koolhydraten te gebruiken. Mondspoeling van een koolhydraatrijke sportdrink volstaat bij activiteiten van 45-75 min. Er wordt 30-60 gram koolhydraten per uur aangeraden bij activiteiten tussen 1-2.5u. Bij extreem lange activiteiten (>2.5-3u) wordt tot 90 gram koolhydraten per uur aangeraden. Ook wordt in de review van Burke et al (2011) de koolhydraatbehoefte weergegeven in het aantal gram koolhydraten per kilogram lichaamsgewicht per dag. De dagelijkse behoefte voor duursporters varieert. Bij lichte activiteit en basisvaardigheden wordt er 3-5 g/kg/dag geadviseerd. Matige activiteit (1u per dag) 5-7 g/kg/dag. Onder hoge intensiteit wordt 1-3u verstaan, de advisering hiervoor is 6-10 g/kg/dag. Bij extra hoge intensiteit (>4-5 uur) wordt 8-12 g/kg/dag aangeraden.

Uit een eerder geschreven review is gebleken dat de inname van koolhydraten voor aanvang van een training op lichte of matige intensiteit de vetverbranding negatief beïnvloed (Achten en Jeukendrup, 2004). Westman et al (2003) beweert in zijn review dat laag koolhydraat/hog vetdiëten langer dan zeven dagen het spierglycogeen en de koolhydraatverbranding doet afnemen. Maar tegelijkertijd verhoogt dit de vetverbranding. Een ander onderzoek (RCT) heeft onderzocht wat voor effect een 6 dagen hoog vet, laag koolhydraatdieet, gevolgd door 1 dag geen koolhydraten heeft. De conclusie van dit onderzoek laat zien dat de vetverbranding tijdens langdurige submaximale inspanning verhoogd (Carey et al, 2001). De casestudy van Jong (2011) geeft aan dat na een sportvastenkuur zowel de Vo<sub>2</sub>max en het maximale vermogen toenemen. Het lichaamsgewicht, vetpercentage en rusthartslag nemen af gemeten bij een duursporter. Deze eerdere onderzoeken laten veranderingen in de vetverbranding zien. In het oriënterend systematisch literatuuronderzoek wordt weergegeven wat het effect van laag koolhydraatdiëten op het aerobe uithoudingsvermogen zal zijn. Het effect van laag koolhydraatdiëten op de vetverbranding zal meegenomen worden in de theoretische deelvragen zodat hier ook een uitspraak over gedaan kan worden.

## Probleemstelling

De probleemstelling zal bestaan uit de doelstelling en de vraagstellingen.

## Doelstelling

Het doel van het onderzoek is het doen van aanbevelingen aan medewerker Tjieu Maas van HAN Seneca Sports and Exercise Nutrition door de opgestelde hypothese te onderzoeken om eventuele aanpassingen op de huidige voedingsadvisering 'dieetbehandelingsrichtlijn wedstrijd sport' te doen. Door een systematisch literatuuronderzoek uit te voeren. Hierbij worden verschillende artikelen met elkaar vergeleken over de invloed van laag koolhydraatdiëten op het aerobe uithoudingsvermogen bij duursporters.

## Vraagstellingen

Vraagstellingen zijn bij literatuuronderzoek op te delen in theoretische en analytische vraagstellingen. Bij theoretische vraagstellingen wordt er gekeken wat de literatuur zegt over een bepaald onderwerp. En bij analytische vraagstellingen wordt gedurende literatuuronderzoek kritisch gekeken wat de verschillende artikelen zeggen.

### Theoretische vraagstellingen

**Hoofdvraag:** Wordt er in de literatuur bevestigd dat een laag koolhydraatdieet het aerobe uithoudingsvermogen verbeterd?

#### Deelvragen:

- Wat houdt een laag koolhydraatdieet precies in?
- Wat zijn de effecten van het volgen van een laag koolhydraatdieet voor duursporters?
- Wat is het aerobe uithoudingsvermogen?
- Hoe heeft een laag koolhydraatdieet invloed op verschillende factoren van het aerobe uithoudingsvermogen?
- Wat houdt het principe 'train low compete high' in, wat voor invloed heeft dit op het aerobe uithoudingsvermogen?
- Wat voor invloed heeft een laag koolhydraatdieet op de vetverbranding tijdens inspanning en rust?

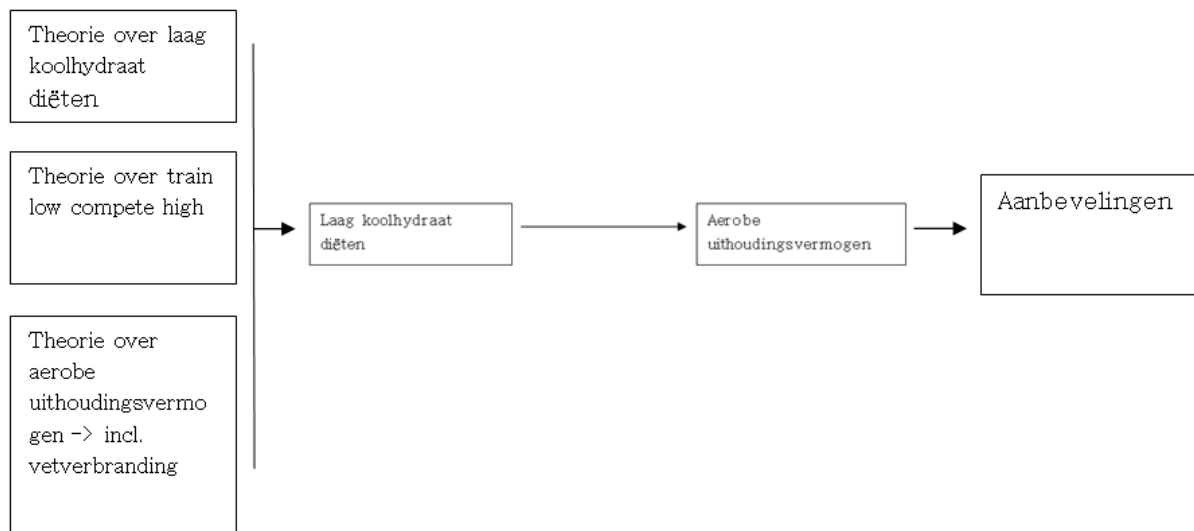
### Analytische vraagstellingen

**Hoofdvraag:** Wordt de hypothese dat laag koolhydraatdiëten het aerobe uithoudingsvermogen verbeterd bij duursporters bevestigd of ontkracht?

- In hoeverre heeft een laag koolhydraatdieet een positief effect op het aerobe uithoudingsvermogen in vergelijking met de dieetbehandelingsrichtlijn wedstrijd sport?
- In hoeverre heeft een laag koolhydraatdieet een negatief effect op het aerobe uithoudingsvermogen in vergelijking met de dieetbehandelingsrichtlijn wedstrijd sport?
- Welke uitkomsten gericht op de relatie tussen laag koolhydraatdiëten en het aerobe uithoudingsvermogen zijn doorslaggevend om de hypothese te bevestigen of ontkrachten?

## Onderzoeksmodel

Allereerst wordt er theorie bestudeerd over laag koolhydraatdiëten, aerobe uithoudingsvermogen (inclusief de vetverbranding) en train low compete high. Vervolgens worden er relaties gelegd tussen laag koolhydraatdiëten en het aerobe uithoudingsvermogen. Uiteindelijk worden er aanbevelingen gedaan aan de stage organisatie HAN Seneca Sports and Exercise Nutrition. Deze aanbevelingen zorgen voor mogelijke aanpassingen op de dieetbehandelingsrichtlijn wedstrijd sport.



## Begrippenkader

In deze paragraaf zullen begrippen worden behandeld die vaak gebruikt worden gedurende deze afstudeeropdracht.

- **Aerobe uithoudingsvermogen:** Ook wel het oxidatieve systeem. Dit is het meest complexe energiesysteem. Dit is het proces waarmee het lichaam brandstoffen afbreekt met behulp van zuurstof om energie te produceren. Dit wordt celademhaling genoemd. Omdat er zuurstof wordt gebruikt is dit een aerob proces. Deze oxidatieve productie van ATP vindt plaats in speciale organellen in de cel: De mitochondria (Wilmore, Costill en Larry Kenney, 2009).
- **Duursport(ers):** Zijn over het algemeen inspanningen van langere duur op matige intensiteit of kortdurende (2-10 minuten) inspanning op hoge intensiteit. Hoe langer een inspanning duur, hoe groter het aandeel is van de aerobe energieomzetting (met zuurstof). Voorbeelden van duursport zijn: fietsen, (hard)lopen, joggen, schaatsen, skeeleren, skaten, zwemmen, aerobics. De energie wordt vooral geleverd door glycogeen en vetzuren (Geel van, A. & Hermans, J., 2000)
- **Laag koolhydraatdiëten :** Laag koolhydraatdiëten beperken de inname van koolhydraten naar 20 tot 60 gram per dag. De consumptie van vetten en eiwitten zal toenemen. Dit ter compensatie van de normaal gesproken koolhydraatinname (Last en Wilson, 2006).
- **Literatuuronderzoek:** Het nader bestuderen van geselecteerde wetenschappelijke studies. Het gaat hierbij om een kwalitatieve inhoudsanalyse (Verschuren en Doorewaard, 2007).
- **Metabole switch:** Is de omschakeling van koolhydraatverbranding naar vetverbranding (Sportvasten, 2012).
- **Sportvasten:** Het is een fysiek trainingsprogramma van 10 dagen. De voedingsinterventie bestaat uit 3 dagen de calorie-inname afbouwen aansluitend 1 tot 3 dagen zeer lage calorie-inname (sapvasten) gevolgd door 4 dagen waarin de calorie-inname weer op wordt gebouwd naar een normale calorie-inname. Gedurende de voedingsinterventie wordt dagelijks 20-30 minuten cardiovasculaire training verricht op 70 tot 75% van de maximale hartslag. Alles wordt uitgevoerd onder controle van een gediplomeerde coach (Sportvasten, 2012).
- **Train low compete high:** Dit is een principe waarbij de trainingen op laag glycogeen gehalte (weinig koolhydraten) worden uitgevoerd. Tijdens wedstrijden worden echter wel koolhydraten in genomen zodat sporters tijdens de wedstrijden een hoog glycogeen gehalte hebben (Clark, 2008)

- **Vetverbranding:** Vrije vetzuren worden opgeslagen als triglyceriden in vetcellen en binnen spiervezels. Triglyceriden in vetweefsel moeten echter worden afgebroken om free fatty acids (FFA) af te geven. Deze FFA worden dan getransporteerd naar de spiercellen. De snelheid van FFA-opname door actieve spieren is sterk gerelateerd aan de FFA-concentratie. Er kan aangenomen worden dat een verhoogde plasmaconcentratie van FFA zorgt voor meer FFA voor oxidatie. De snelheid van lipolyse is afhankelijk van hormonen (adrenaline, noradrenaline, insuline, cortisol, groeihormoon (Willmore & Costill, 2009)).

## **Relevantie met Sport, Gezondheid en Management**

Gedurende de opleiding Sport, Gezondheid en Management (SGM) wordt er gevraagd een uitstroomprofiel te kiezen. Door de student is het uitstroomprofiel 'Health promotion' gekozen. Gezondheidsbevordering staat in dit uitstroomprofiel centraal. Het is daarom belangrijk om voldoende onderzoek te doen naar het optimaliseren van de gezondheid en de sport. De student doet een systematisch literatuuronderzoek gericht op de invloed van laag koolhydraatdiëten op het aerobe uithoudingsvermogen. De student heeft in eerdere onderwijsseenheden (OWE) verschillende keren onderzoek moeten doen, een systematisch literatuuronderzoek sluit dus goed aan bij het ontwikkelen van competenties. Het literatuuronderzoek geeft inzicht in de voor,- en nadelen van laag koolhydraatdiëten op het aerobe uithoudingsvermogen. Hierdoor kan de student aanbevelingen doen aan HAN Seneca Sports and Exercise Nutrition of er eventuele aanpassingen op de huidige voedingsadvisering (dieetbehandelingsrichtlijn wedstrijd sport) moet worden gedaan. Door deze aanbevelingen wordt een bijdrage geleverd aan het optimaliseren van de voeding voor duursporters. Op deze manier is de student in haar vakgebied werkzaam.

## **Leeswijzer**

Het artikel bestaat uit allereerst een samenvatting. In deze samenvatting worden de belangrijke punten van het onderzoek aangekaart. Er zal een Nederlandse en Engelse samenvatting terug te vinden zijn. De samenvatting wordt gevolgd door de inleiding. Hierin wordt het doel, de aanleiding, de verschillende vraagstellingen en een theoretische onderbouwing van het onderwerp weer gegeven. De inleiding wordt gevolgd door de methode. Hoofdstuk 2 zal worden samengevat in de methode van het artikel. Vervolgens zullen de resultaten van de gebruikte onderzoeken worden samengevat in de paragraaf resultaten. In de paragraaf resultaten worden sommige theoretische deelvragen beantwoord. Uit de resultaten volgt een korte conclusie. Na de conclusie volgt een paragraaf discussie, hierin wordt een kritische terugblik gedaan op de resultaten. Gedurende de discussie worden de analytische deelvragen beantwoord. Uiteindelijk worden er aanbevelingen gedaan, deze zijn kort terug te vinden in de discussie. Een uitgebreide versie van de aanbevelingen is terug te vinden in de bijlage.

## Methode

In de methode wordt duidelijk hoe het onderzoek wordt gedaan. Hiervoor is het hoofdstuk ingedeeld in onderzoeksopzet, zoekmethode, inclusiecriteria en data-analyse.

## Onderzoeksopzet

Het onderzoek zal een systematisch literatuuronderzoek zijn. Het onderzoek bestaat uit deskresearch. De afstudeerstudent houdt zich bezig met het verzamelen van wetenschappelijke artikelen. Uit het systematisch literatuuronderzoek volgen aanbevelingen. Deze aanbevelingen zorgen voor mogelijke aanpassingen op de huidige voedingsadvisering 'dieetbehandelingsrichtlijn wedstrijd sport'.

## Zoekmethode

De website van HAN studiecentra biedt onder het kopje 'zoeken en vinden' een lijst met databases. Door in te loggen met een HAN account is er toegang op alle tijdschriften waar de HAN een abonnement op heeft. De wetenschappelijke artikelen worden in deze databases gezocht. De databases die hoofdzakelijk gebruikt worden zijn PubMed, Cochrane en PlatFormPM. Wetenschappelijke artikelen die via PubMed, Cochrane en PlatFormPM niet free full tekst te vinden zijn, kunnen worden gezocht via Google Scholar. Mogelijk zijn dezelfde wetenschappelijke artikelen wel free full tekst te vinden op Google Scholar. Mocht het artikel ook niet te vinden zijn op Google Scholar dan kan de opdrachtgever Tjieu Maas worden ingelicht. De opdrachtgever gaat na of HAN Seneca Sports and Exercise Nutrition toegang heeft tot deze artikelen. Wanneer het artikel op deze manier nog steeds niet free full tekst te vinden is, wordt er overwogen of het artikel gekocht zal worden.

Om juiste wetenschappelijke artikelen te vinden voor dit systematische literatuuronderzoek is het van belang om zoektermen op te stellen voor de databases. Het opstellen van de zoektermen wordt gedaan door de afhankelijke factor en de onafhankelijke factor mee te nemen in de zoektermen. Laag koolhydraatdieet is de onafhankelijke factor en het aerobe uithoudingsvermogen de afhankelijke factor. Wanneer het laag koolhydraatdieet veranderd zal dit dus invloed hebben op het aerobe uithoudingsvermogen. Ook worden bij het opstellen van de zoektermen de theoretische deelvragen meegenomen. De afhankelijke factor en onafhankelijke factor zijn vertaald in het Engels. Tegelijkertijd wordt er gezocht in de databases naar synoniemen. Dit gebeurt door MeSH te gebruiken. Wanneer in MeSH low carbohydrate diet wordt ingetypt komen er termen zoals; carbohydrate-restricted diet, Atkins diet. Op deze manier worden er nog zoektermen toegevoegd. Om de afhankelijke factor en de onafhankelijke factor met elkaar te verbinden wordt 'AND' gebruikt in de databases. Een overzicht met zoektermen en het aantal hits is terug te vinden in **bijlage 1**. De zoektermen in verschillende databases worden gezocht in het studiecentrum van de HAN. Bij PlatFormPM zijn andere zoektermen gebruikt. Dit is een kleine database met alleen Nederlandse wetenschappelijke informatie. Hier zijn zoektermen gebruikt zoals; Koolhydraatname en koolhydraten. PlatFormPM geeft aan hoeveel procent overlap de zoekterm heeft met het artikel. Alleen artikelen met minstens 70% overlap zijn bekeken.

Verschillende zoektermen hebben nog veel hits. Wanneer er veel hits zijn, worden artikelen geselecteerd op titel. Vervolgens wordt van ieder artikel de abstract gelezen en beoordeeld of het artikel meegenomen wordt in dit systematisch literatuuronderzoek.

Ook wordt gekeken naar de elsevier dieetbehandelingsrichtlijn wedstrijd sport. De referenties van de elsevier dieetbehandelingsrichtlijn wedstrijd sport worden onderzocht. De referenties worden gebruikt voor dit systematische literatuuronderzoek. In deze artikelen staan andere artikelen met 'cited by'. Dit wil zeggen dat het gevonden artikel ook in andere onderzoeken is gebruikt. Deze onderzoeken worden op de zelfde manier beoordeeld dan de overige artikelen.

## Inclusiecriteria

Een inclusiecriteria voor dit systematisch literatuuronderzoek is dat de eerdere onderzoeken gedaan zijn met mensen en niet met dieren. Na de eerste theoretische deelvragen wordt duursport centraal gesteld. In de tweede en derde deelvraag wordt ingegaan op de voor,- en nadelen van laag koolhydraatdiëten voor duursporters. Hier worden voor, en nadelen benoemd die ook voor duursporters gelden. Deze voor,- en nadelen kunnen ook gevonden worden in artikelen niet direct gericht op duursporters. Na de derde theoretische deelvraag wordt duursport als inclusiecriteria gebruikt. Verder worden er niet veel inclusiecriteria gesteld aan dit systematische literatuuronderzoek. De reden hiervoor is dat er tot op heden weinig onderzoek is gedaan naar het effect van laag koolhydraatdiëten op het aerobe uithoudingsvermogen bij duursporters. Doordat er weinig onderzoek is gedaan is het van belang om alle nuttige informatie mee te nemen. Wanneer er veel inclusiecriteria worden gesteld is het mogelijk dat belangrijke informatie wordt misgelopen.

Het jaar van publicatie is geen inclusiecriteria voor dit systematisch literatuuronderzoek. Het streven is om te verwijzen naar de meest recente wetenschappelijke artikelen. Er wordt geen uiterste publicatiedata vast gesteld, omdat er nog geen duidelijk beeld is of er vroeger wel meer onderzoek naar is gedaan.

## Data-analyse

Door het lezen van de abstract van de artikelen wordt beoordeeld of de artikelen genoeg overlap hebben om dit artikel mee te nemen in dit systematische literatuuronderzoek. De geselecteerde artikelen zijn opgeslagen in mappen. Voor iedere theoretische deelvraag is een aparte map aangemaakt. Er wordt dus per artikel gekeken in welke map deze wordt opgeslagen. Hierdoor wordt het overzicht behouden over de geselecteerde artikelen.

Het doel van een artikel komt niet altijd overeen met het doel van dit systematische literatuuronderzoek. Maar deze artikelen kunnen altijd geselecteerd worden. Het is niet noodzakelijk dat de artikelen volledige overlap hebben. De geselecteerde artikelen moeten overlap hebben met tenminste een van de theoretische deelvragen.

Na het beantwoorden van de verschillende deelvragen dient er een conclusie getrokken te worden. Hiervoor is het van belang dat de bewijsvoering van literatuur wordt meegenomen. Men spreekt bij bewijsvoering over de kwaliteit van het onderzoek. Hieronder wordt de bewijsvoering weergegeven.

- ✓ **A1** Systematische review met tenminste twee van elkaar onafhankelijk uitgevoerde onderzoeken van A2 niveau.
- ✓ **A2** Gerandomiseerd dubbelblind onderzoek vergelijkend klinisch onderzoek van goede kwaliteit en voldoende omvang. (*Onderzoek ten opzichte van een referentietest met van te voren gedefinieerde afkapwaarden en een onafhankelijke beoordeling van de resultaten van zowel de test als de referentietest. De test moet voldoende patiënten hebben die alle de index- en referentietest hebben gehad*).
- ✓ **B** Vergelijkend onderzoek, maar niet met alle kenmerken als genoemd onder A2 (hieronder valt ook patiënt-controle onderzoek en cohort-onderzoek) (*Onderzoek ten opzichte van een referentietest, maar niet met alle kenmerken van A2*).
- ✓ **C** Niet-vergelijkend onderzoek
- ✓ **D** Mening van deskundigen

(Kwaliteitsinstituut voor de gezondheidszorg CBO, 2007)

## **Betrouwbaarheid en validiteit**

De betrouwbaarheid wordt gewaarborgd door **bijlage 1**. Hierin zijn exacte zoektermen met het aantal hits terug te vinden. Bij systematisch literatuuronderzoek is het verder moeilijk om de betrouwbaarheid te beschrijven, aangezien je niet direct metingen uitvoert.

Om interne validiteit van dit systematische literatuuronderzoek te vergroten wordt er een overzicht gemaakt van alle gebruikte onderzoeken. Hierin wordt de auteur en titel van het onderzoek genoemd met de mate van bewijsvoering. Op deze manier zorgt de mate van bewijsvoering van dit literatuuronderzoek dat de conclusie uiteindelijk aannemelijk is voor de lezers. Ook de inclusiecriteria verhogen de interne validiteit van het literatuuronderzoek. De conclusies van dit literatuuronderzoek is niet voor alle sporters generaliseerbaar, omdat het specifiek wordt geschreven voor duursporters. De conclusies van dit literatuuronderzoek is gericht op alle duursporters, hoofdzakelijk uit Nederland. Maar andere landen zouden wel wat aan de conclusie kunnen hebben. In sommige gevallen hebben deze landen te maken met andere eetgewoonten, in deze situatie zijn de conclusies niet generaliseerbaar.

## Referenties

- Achten, J. & Jeukendrup, A.E. (2004). Optimized fat oxidation through exercise and diet. *Nutrition*. 20 (7/8), 717-726.
- Brehm, B.J., Seeley, R.J., Daniels, S.R. & d'Alessio, L.A. (2003). A randomized trail comparing a very low carbohydrate diet and a calorie-restricted low fat diet on body weight and cardiovascular risk factors in healthy women. *The journal of clinical endocrinology & metabolism*. 88(4), 1617-1623.
- Burke, L.M., Kiens, B. & Ivy, J.L. (2004). Carbohydrates and fat for training and recovery. *Journal of sport sciences*. 22(1), 15-30.
- Carey, A.L., Staudacher, H.M., Cummings, N.K., Stepto, N.K., Nikolopoulos, V., Burke L.M., & Hawley, J.A. (2001). Effects of fat adaptation and carbohydrate restoration on prolonged endurance exercise. *Journal Applied Physiology*. 91 (1), 115-122.
- Clark, N. (2008). Nancy Clark's sports nutrition guidebook. United kingdom: Nancy Clark.
- Gezondheidsraad (2006). Richtlijnen gezonde voeding 2006. Opgevraagd op 11-10-2012 opgevraagd op <http://www.gezondheidsraad.nl/sites/default/files/2006@21N.pdf>.
- HAN Seneca Sports and Exercise Nutrition (ZJ). Over het kennisteam. Opgevraagd op 5-9-2012 op <http://blog.han.nl/hansportnutrition/over-het-kennisteam/>.
- Geel, van A. & Hermans, J. (2000). Voeding bij recreatieve sportbeoefening. *Informatorium voor voeding en diëtetiek*.1-19. Opgevraagd op 11-10-2012 op <https://stc-proxy.han.nl/han/PlatformPM/www2.bsl.nl/platformpm/>.
- Jeukendrup, A.E. (2004). Carbohydrate intake during exercise and performance. *Nutrition*. 20(7), 669-677.
- Jong, de K. (2011). Wat is sportvasten? *Wielrenner magazine*. 3, 50-51.
- Kwaliteitsinstituut voor de gezondheidszorg CBO (2007). Handboek voor werkgroepleden. *Literatuuronderzoek*. Opgevraagd op 25-9-2012 op <http://www.cbo.nl/Downloads/661/hoofdstuk5.pdf>.
- Last, A.R. & Wilson, S.A. (2006). Low-carbohydrate diets. *American family Physician*. 73 (11), 1942-1948.
- NOC\*NSF (ZJ). 20 Koolhydraten tijdens duursport. Opgevraagd op 11-10-2012 op [https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:FVJnLuetC2MJ:nocnsf.nl/cms/streambin.aspx?requestid%3DCA9C1772-AF19-40A0-A69F-BDE1EE15B98B+koolhydraat+bij+duursport&hl=nl&gl=nl&pid=bl&srcid=ADGEESi8TBWko-MtoPc0hDiYm5K9W7tKbFioFSVKvXvX8SN2b9U7ebG1dDj-DTtwgKliv-05Zlir\\_GFgNeYqip9GhutB7Pz6pYROUywmViViuZSrjomS-vlmz0BUz2EN1I37Z8oOPID-&sig=AHItbR-nnAO36huhPU9HL-d7-isF3lv0A](https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:FVJnLuetC2MJ:nocnsf.nl/cms/streambin.aspx?requestid%3DCA9C1772-AF19-40A0-A69F-BDE1EE15B98B+koolhydraat+bij+duursport&hl=nl&gl=nl&pid=bl&srcid=ADGEESi8TBWko-MtoPc0hDiYm5K9W7tKbFioFSVKvXvX8SN2b9U7ebG1dDj-DTtwgKliv-05Zlir_GFgNeYqip9GhutB7Pz6pYROUywmViViuZSrjomS-vlmz0BUz2EN1I37Z8oOPID-&sig=AHItbR-nnAO36huhPU9HL-d7-isF3lv0A).
- Sportvasten (2012). De wetenschappelijke achtergronden. Opgevraagd op 7-9-2012 op [http://sportvasten.nl/?page=scientific\\_background](http://sportvasten.nl/?page=scientific_background).
- Sportvasten (2012). Wat is sportvasten? Opgevraagd op 7-9-2012 op <http://sportvasten.nl/svm/>.
- Verschuren, P. & Doorewaard, H. (2007). Het ontwerpen van een onderzoek. Den Haag: LEMMA.
- Westman, E.C., Mavropoulos, J., Yancy W.S. & Volek, J.S. (2003). A review of low-carbohydrate ketogenic diets. *Current atherosclerosis reports*. 5 (6), 476-483.
- Wilmore, J., Costill, D. & Larry Kenney, W. (2009) Inspannings-, en sportfysiologie. Maarssen: Elsevier gezondheidszorg.