

# Avond 2: Energiehuishouding

- **Thema:** Energiehuishouding, *waar heb je voedsel voor nodig?*
- **Spreker:** Prof. Dr. Luc van Loon, *Department of Human Movement Sciences, Maastricht University*
- **Casus:** Jan, Claire en Albert hebben afgesproken om vrijdagmiddag samen te lunchen. Jan moet de hele middag nog blijven werken op kantoor, terwijl Claire en Klaas vrij hebben. Piet is van plan zijn vrije middag te gaan fietsen door de mooie Limburgse heuvels, terwijl Klaas nog even wil gaan fitnessen. In de kantine is van alles te koop: onder andere gefrituurde snacks, yoghurt, broodjes en fruit. Wat kunnen Jan, Claire en Albert het beste kopen voor de activiteiten die ze gepland hebben?

# 1. Koolhydraten

---

Koolhydraten (ook wel suikers genoemd) zijn de belangrijkste brandstof van het menselijk lichaam. Een gedegen dieet bestaat uit ongeveer 60% koolhydraten en voor de overige 40% aangevuld met vetten en eiwitten. Per kilogram lichaamsgewicht heeft het lichaam ongeveer 4.5-10 gram koolhydraten nodig, wat uiteraard afhankelijk is van de functie van het lichaam. Voeding dat veel koolhydraten bevat zijn onder meer brood, pasta, rijst en aardappelen, maar ook suiker en zoete stoffen.

Koolhydraten kunnen in verschillende vormen voorkomen in het voedsel. Zo zijn er monosacchariden, die bestaan uit 1 suikermolecuul (zoals glucose, fructose etc), disacchariden, bestaande uit twee suikermoleculen (zoals lactose, sucrose etc.) en oligo- en polysacchariden, die bestaan uit lange ketens van achter elkaar geplakte suikermoleculen. Voorbeelden van polysacchariden zijn zetmeel en dextrines, die veel voorkomen in aardappelen, pasta en brood. De vertering van de koolhydraten begint zoals we vorige week hebben geleerd in de mond. Hier vindt de eerste afbraak van de lange ketens al plaats door enzymen die aanwezig zijn in het speeksel. Vervolgens vindt in de darm de verdere vertering plaats totdat er alleen nog maar monosacchariden over zijn, glucose, fructose en galactose, die opgenomen worden door de cellen. Vervolgens worden deze moleculen door het lichaam getransporteerd. Er zijn twee bestemmingen mogelijk: of de glucose wordt opgeslagen, of de glucose wordt direct gebruikt als brandstof. De glucose wordt voornamelijk opgeslagen in de lever en de spieren. Hier worden de glucosemoleculen achter elkaar geplakt en worden er opnieuw lange, sterk vertakte ketens gevormd. Dit wordt glycogeen genoemd. Glycogeen wordt opgeslagen door het lichaam zodat tijdens verhoogde vraag naar energie enerzijds (sporten) en bij kortstondig vasten anderzijds, het lichaam voorzien wordt van voldoende energie.

## Koolhydraten als brandstof

De glucose kan ook gebruikt worden als brandstof door het lichaam. Glucose wordt dan de cellen in getransporteerd en zal daar afgebroken worden. Dit afbraakproces gebeurt zowel in de cel, maar ook in zogenaamde mitochondriën, de kleine energiefabriekjes van de cellen. Mitochondriën zijn kleine onderdeeljes in de cel, ook wel celorganellen genoemd, die verantwoordelijk zijn voor de energie in de cellen. In deze mitochondriën vindt de citroenzuurcyclus plaats, het proces waarbij de meeste energie wordt gewonnen.

De energie die wordt gewonnen wordt uitgedrukt in ATP, wat staat voor Adenosine Tri Phosphate (Fosfaat). Zo kan er uit slechts één glucose molecuul 32 ATP moleculen gehaald worden. Deze ATP wordt gemaakt in de mitochondriën en kan vervolgens in de cel gebruikt worden voor de processen in de cel.

## 2. Vetten

---

### Vetten, wat zijn dat eigenlijk?

Vrijwel alle vetten zijn op dezelfde manier opgebouwd. Het betreft een kapstokje waar vervolgens 3 vetzuren aanhangen. Afhankelijk van de soort vetzuren is vet vloeibaar bij kamertemperatuur (olie) of vast (boter). Het woord vetzuren heeft u vast wel eens op verpakkingen zien staan. Zo zult u zich wellicht ook herinneren dat er meerdere soorten van waren, zoals verzadigde vetzuren en onverzadigde vetzuren. Waren onverzadigde vetzuren ook niet gezonder?

De onverzadigde vetzuren worden om twee redenen als gezonder beschouwd. 1) Een onverzadigd vetzuur bevat minder energie dan een verzadigd vetzuur. Aangezien wij vaak eerder te veel energie eten dan te weinig geldt in Nederland bijna altijd minder = beter, want dan wordt je minder dik/ hoeft je minder te sporten om het weer eraf te krijgen. 2) Ons lichaam kan niet alle onverzadigde vetzuren die wij nodig hebben zelf aanmaken. Deze moeten wij dus uit ons voedsel halen. Dit zijn de essentiële vetzuren en zitten vooral in bepaalde planten en vis. Een groot deel van het vet halen wij uit ons eten. De vetzuren worden van de kapstok afgeknipt en ons lichaam knutselt vervolgens daar zelf weer nieuwe vetten mee. Daarnaast kan ons lichaam ook zelf vetten maken, bijvoorbeeld uit suikers (koolhydraten), dus wanneer je alleen maar suikers zou eten wordt je uiteindelijk dik (of vet eigenlijk).

### Waarom hebben we vetten nodig?

Hoewel wij het ons in de Westerse Wereld haast niet meer kunnen voorstellen, hebben vetten ook goede functies en zijn zelfs van levensbelang.

- De allerbekendste functie van vet is waarschijnlijk **isolatie**, warmte vasthouden. Het is niet voor niets dat walvissen in de koude oceaan een enorme speklaag hebben.
- Niet alleen houdt vet onze lichaamswarmte vast, tussen onze gewrichten en spieren bevindt zich ook een laagje vet. Dit is eigenlijk vergelijkbaar met het **smeren** van de ketting van een fiets en zorgt ervoor dat alles soepel langs elkaar kan glijden.
- Daarnaast is vet een vorm van **brandstof**. Wanneer wij vet eten zal meteen een gedeelte opgebruikt worden om energie te leveren. Echter het grootste gedeelte zal eerst worden opgeslagen in onze vetcellen. Wanneer we meer energie nodig hebben dan we op dat moment eten, wordt het vet weer uit de vetcellen gehaald. Dit gebeurt dus bijvoorbeeld bij afvallen. We gebruiken ook 's nachts onze vetten, of tijdens duursporten. De vetreserves worden op een ander moment wanneer we meer energie eten dan we nodig hebben (bijvoorbeeld na een lekker kerstdiner) weer mooi aangevuld.
- De belangrijkste functie van vetten in een gezonde levensstijl is waarschijnlijk de functie als **bouwstof**. Ons hele lichaam is opgebouwd uit hele kleine deeltjes, cellen. Al onze cellen bezit een muur, de celmembraan, juist de celmembraan is volledig opgebouwd uit vet (een speciaal soort vet dat zowel mengt met water als met vet). Daarnaast zijn ook een heel aantal signaalstofjes opgebouwd uit vet. De bekendste zijn onze geslachtshormonen zoals testosteron (man) en oestrogeen (vrouw). Deze hormonen worden gemaakt uit cholesterol, dit is een vetachtige stof die er heel anders uit ziet dan het gewone vet in ons lichaam. Ook hier ziet u dat cholesterol niet alleen maar slecht is. Realiseert u zich goed dat wij tegenwoordig in luxe leven en dat wij eigenlijk van alle lekkere dingen te veel (kunnen) eten. Dit geldt vooral voor vet en cholesterol. Helaas heeft een te veel aan cholesterol wél nadelige effecten voor ons hart en bloedvaten. Net zoals dat een te veel aan vet leidt tot overgewicht, dat ook weer een risico oplevert op veel verschillende ziektes.

# 3. Eiwitten

---

Eiwitten zijn naast vetten en koolhydraten een voedingsstof. Eiwitten bestaan uit aminozurenketens. Een aminozuur is opgebouwd uit koolstof (C), zuurstof (O), stikstof (N) en soms ook zwavelmoleculen (S). Er zijn in totaal 22 aminozuren bekend. De samenstelling, volgorde en structuur van de aan elkaar gekoppelde aminozuren bepalen welk eiwit er gevormd wordt

De structuur van een eiwit bepaalt ook meteen of het eiwit ingenomen moet worden met het voedsel (essentieel) of dat het lichaam zelf een eiwit aan kan maken (niet-essentieel). Er zijn 9 essentiële aminozuren.

## Functie

-Eiwitten zijn belangrijk bij de opbouw van cellen. Alle cellen bevatten eiwit, bijvoorbeeld spieren en organen, het zenuwstelsel, de botten en het bloed.

-Eiwitten zijn belangrijk bij veel regelprocessen in het lichaam. Alle enzymen zijn eiwitten. Enzymen zetten stoffen om of zorgen voor een versnelling van reacties. Enzymen zijn ook belangrijk bij de spijsvertering zoals amylase en lipase in de mond en twaalfvingerige darm. Ook veel hormonen, zoals insuline, zijn eiwitten.

-Eiwitten spelen een rol bij het transport van stoffen in het bloed en in de cel. Bijvoorbeeld hemoglobine is een eiwit. Deze bindt zuurstof aan de rode bloedcellen in het bloed.

-Sommige eiwitten hebben een rol in het doorgeven van signalen in de hersenen.

Naast deze functies zorgen eiwitten voor energie. Een gram eiwit levert 4 kilocalorieën aan energie op. Eiwitten zorgen voor een verzadigingsgevoel omdat eiwitten minder snel opgenomen worden dan vetten en eiwitten.

## Voeding

Eiwitten kunnen uit dierlijke of plantaardige bron worden ingenomen.

### Plantaardige bronnen:

- Brood
- Granen
- Peulvruchten
- Noten
- Paddenstoelen

### Dierlijke bronnen:

- Rood vlees
- Vis
- Gevogelte
- Melkproducten
- Eieren

Dierlijke eiwitten bevatten voldoende van alle essentiële aminozuren. In rood vlees zitten de meeste eiwitten. De kwaliteit van de eiwitten in melk en in eieren is heel hoog. Bij plantaardige eiwitten verschilt het per product of ze voldoende essentiële aminozuren bevatten. Graan en peulvruchten vullen elkaar goed aan. Een persoon heeft per dag 40-65 gram eiwitten nodig. Gebalanceerde voeding bevat ten minste 10, en maximaal 25 procent van de energie van de totaal geconsumeerde voeding als eiwit. Zwangere vrouwen, sporters, jongeren en kinderen hebben meer eiwitten nodig.

## Vertering

De vertering van eiwitten begint in de maag. Hier zorgt pepsine in samenwerking met het maagzuur al voor een deel voor de vertering van de eiwitten. Hierna worden de ketens in de twaalfvingerige darm door sappen afkomstig van de alvelesklier waar trypsine, chymotrypsine en carboxypeptidase in zit, in kleinere delen gesplitst. Dit gebeurt nog verder in de dunne darm. Uiteindelijk zijn nog alleen de aminozuren over en deze kunnen via de wand van de dunne darm in het bloed worden opgenomen.

## 4. Te veel voedingsstoffen: de gevolgen

---

### Bloedsuikerspiegel

In de loop van de dag wisselt de suikerspiegel in het bloed. Er is een gebied met de ideale suikerspiegel, waarbij de ondergrens voor trek zorgt. Na het eten is de suikerspiegel weer hoger en is het suikerpeil bereikt. Zo wisselt de bloedsuikerspiegel gedurende de gehele dag.

De bloedsuikerspiegel kan op peil gebracht worden door voedingsstoffen binnen te krijgen of opslag in het lichaam te verbranden.

### Van opslag tot brandstof

Wanneer de suikerspiegel in het bloed te laag wordt, moet er opgeslagen suiker worden vrijgemaakt zodat het weer verbrand kan worden. De opgeslagen suikers komen vrij uit de lever. Het bloed transporteert de suikers naar de organen die het nodig hebben, zodat verbranding van de suikers plaatsvindt en de organen van het lichaam energie krijgen om hun functie uit te voeren.

### Van brandstof tot opslag

Continu vindt er afbraak en opbouw van stoffen plaats. Bij een overschot aan voedingsstoffen in het bloed, moeten deze voedingsstoffen extra opgeslagen worden.

Over het algemeen geldt dat nieuwe vetten, die binnenkomen in het lichaam, opgeslagen worden voor later gebruik. Teveel aan koolhydraten (suikers) zorgt voor het opvullen van opslagplaatsen voor vet, nadat het teveel aan koolhydraten omgezet is in vet. Ook een teveel aan eiwit wordt omgezet in lichaamsvet. Deze opgeslagen vetten worden later afgebroken en afgegeven aan het bloed, waarna transport door het hele lichaam plaatsvindt om energie te leveren aan de organen.

Vetten en suikers die in overvloed zijn en dus niet direct nodig zijn, worden samen omgezet en opgeslagen in het lichaam. Ongeveer de helft komt terecht in onderhuids (vet)weefsel, de andere helft komt in verschillende andere vet-opslagplekken van het lichaam terecht.

### Vetten in % energie

Veel eten leidt niet per definitie tot overgewicht, maar een disbalans in de inname van energie en het verbruik hiervan wel.

Uit het voedsel dat je binnenkrijgt, haal je energie. Ook vetten zijn belangrijk voor de energie van het lichaam. Vetten mogen echter geen hoog percentage van het totale aantal calorieën zijn, dat je per dag binnenkrijgt. In een kleine hoeveelheid vetten zit echter al, in vergelijking met andere voedingsstoffen, een hoog percentage energie. Veel vet in de voeding leidt zo gemakkelijk tot het soort voeding dat meer energie levert, dan die dag wordt verbruikt. De kans op overgewicht neemt daardoor toe.



# 5. Sportvoeding

---

Op basis van de duur en de intensiteit van een inspanning kunnen sportactiviteiten worden ingedeeld. Een veel gebruikte indeling is die in **krachtsport en duursport**.

Bij **krachtsport** staat de ontwikkeling van spieren, zowel kwantitatief als kwalitatief, centraal. Populaire krachtsporten zijn gewichtheffen en trainen met losse gewichten. Omdat spieren zijn opgebouwd uit eiwitten, zijn deze stoffen zeer belangrijk bij deze tak van sport.

Bij **duursport** is het van belang dat er langdurig een prestatie wordt geleverd. Het ontwikkelen van spieren staat niet centraal, maar het ontwikkelen en onderhouden van conditie is het doel. Populaire duursporten zijn bijvoorbeeld hardlopen, fietsen en spinninglessen.

## Voeding bij krachtsport

Voor het vrijmaken van energie in de spieren zijn koolhydraten (en in mindere mate vetten) belangrijk. Als iemand nu ineens gaat sprinten, dan heeft de spier een paar seconden nodig om de verbranding van koolhydraten in gang te zetten. Om deze periode te overbruggen heeft de spier van nature een energievoorraadje dat bestaat uit **creatinefosfaat**. Dit voorraadje voorziet de spier een paar seconden van energie. Door extra **creatine** te nemen, maak je die energievoorraad groter. Creatine is dan ook voor de meeste krachtsporters effectief en het wordt daarom veel gebruikt. In de spieren ligt wat glucose (suiker) opgeslagen in de vorm van **glycogeen**. Dit glycogeen kan worden verbrand tot energie, maar de krachtsporter maakt hier veel minder gebruik van dan een duursporter. De voeding voor een krachtsporter hoeft daarom niet zo veel **koolhydraten** te bevatten als de voeding van een duursporter. Volstaan kan worden met een koolhydraatgehalte in de voeding van 55 En% (energieprocent;). Dit betekent dat koolhydraten 55% van de totale energie-inname moeten uitmaken.

Bij intensieve krachtsport zullen de spieren beschadigd raken (er komen kleine scheurtjes in), wat voelbaar is als spierpijn. Deze schade moet worden hersteld en daarvoor zijn **eiwitten** nodig, die gebruikt worden voor de (her)opbouw van de spieren. Veel winkels spelen hier gretig op in, door het verkopen van proteïneshakes (eiwithoudende drankjes). Krachtsporters zweren dan ook vaak bij een zeer hoge eiwitinname, maar onderzoek toont dat 1,5-2,0 g/kg lichaamsgewicht meer dan genoeg is. In combinatie met een voldoende koolhydraatvoorziening is een inname die hoger ligt dan 2,0 g/kg zeker niet nodig. Met de normale dagelijkse voeding kan deze hoeveelheid eenvoudig worden gehaald. Een teveel aan eiwitten kan zelfs worden opgeslagen als energie, wat onwenselijk is voor krachtsporters.

Over het algemeen wordt geadviseerd een voeding te gebruiken met eiwit van een zo hoog mogelijke **biologische waarde**. Dit betekent dat de ingenomen eiwitten goed gebruikt kunnen worden door het lichaam. Bij een voedingspatroon waarbij geen of weinig dierlijke producten worden gebruikt, moet er goed gekeken worden naar de eiwit- en aminozuursamenstelling omdat de biologische waarde van plantaardige eiwitten niet zo hoog is. Verwijzing naar een (sport)diëtist is dan aan te raden.

Hoewel de **vetinname** niet te hoog moet zijn, moet er wel degelijk vet worden ingenomen, omdat er anders problemen kunnen ontstaan. Als minimum wordt een vetinname van 20 En% geadviseerd.

## Voeding bij duursport

De energielevering bij duursport is vooral afhankelijk van koolhydraten en vetten. De **vetvoorraad** is dusdanig groot dat uitputting hiervan nauwelijks aan de orde is. De **glycogeen**voorraad in de spieren (en lever) is echter beperkt en wordt opgebruikt bij inspanningen van langere duur. Als het glycogeen opraakt, zal de afbraak van eiwitten moeten bijdragen in de energievoorziening. Gezien de onwenselijkheid van deze situatie (je gaat dan spieren afbreken!) is het belangrijk om de koolhydraatvoorraad op peil te houden. De voeding van een duursporter dient daarom voor minimaal 60 En% uit koolhydraten te bestaan of absoluut gezien 7-10 g/kg te bevatten.

Bij inspanningen die **langer dan 90 minuten** duren is het zinvol om koolhydraten tijdens de inspanning aan te vullen. Geadviseerd wordt om niet meer dan circa 60 gram koolhydraten per uur aan te vullen. Hiervoor kunnen **sportdranken, -repen en -gels** gebruikt worden. Maar ook reguliere voedingsmiddelen kunnen uitstekend worden gebruikt zoals brood met zoet beleg, ontbijtkoek of fruit. Na de inspanning is het belangrijk dat de glycogeenvoorraden snel worden aangevuld. Steeds meer onderzoeken wijzen uit dat de combinatie van koolhydraten en eiwitten leidt tot een nog sneller herstel. Verschillende fabrikanten hebben inmiddels een dergelijke sportdrank op de markt gebracht.

De **eiwitbehoefte** van een duursporter wordt gesteld op 1,2-1,6 g/kg. Onder normale omstandigheden wordt dit ruimschoots gehaald met de reguliere voeding en zijn supplementen niet nodig.

De aanbeveling voor de **vetinname** ligt bij duursport op een absoluut minimum van 20 En%. Vooral als een duursporter langer aan het sporten is, zal de verbranding van vet meer gebruikt worden voor het maken van energie. Er vindt een ommekeer plaats van overwegend koolhydraatverbranding naar vetverbranding. Het is daarom belangrijk dat de sporter voldoende vetten binnenkrijgt.

De **inname van ijzer** vraagt bij duursporters extra aandacht. Vooral vrouwen dienen op te letten, omdat ze tijdens de menstruatie ijzer verliezen. Als vrouwen een lage energie-inname in combinatie met een vegetarisch voedingspatroon (weinig ijzer) hebben, bestaat er een verhoogde kans op het ontstaan van een ijzertekort. Het is daarom raadzaam om bij vrouwelijke (duur)sporters extra toe te zien op een adequate inname van ijzer en vitamine C (wat helpt bij de opname van ijzer).

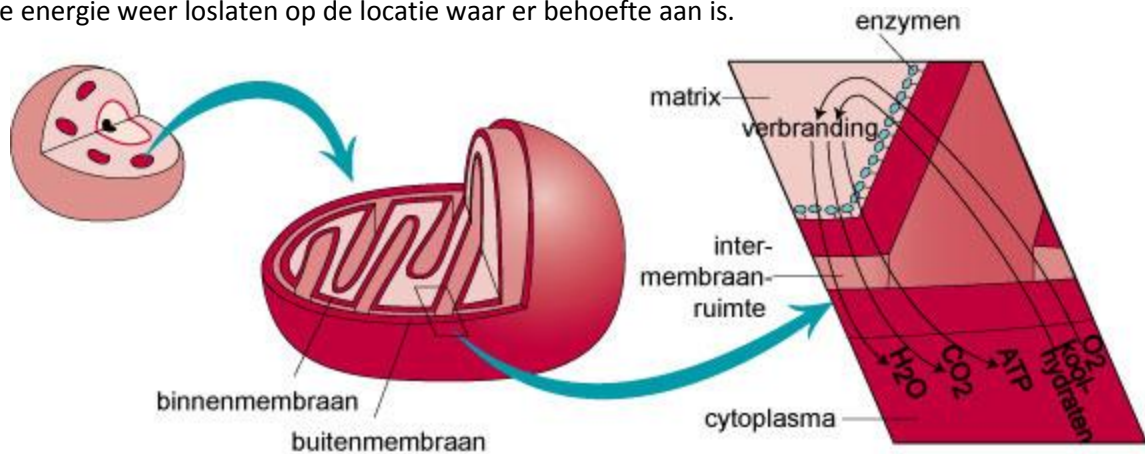
**Watertekort (dehydratie)** is een niet zelden voorkomend probleem. Veel sporters drinken te weinig voor, tijdens en na de inspanning. Vooral duursporters moeten er zeer goed op letten dat ze genoeg water binnenkrijgen tijdens het sporten. Het meten van het lichaamsgewicht voor en na inspanning en het vergelijken van de urinekleur met een kleurkaart zijn goed bruikbare methoden om de vochtbalans 'op het veld' vast te stellen. Tijdens de inspanning dient de sporter zorg te dragen dat er per uur 500-1000 ml wordt gedronken. Hierbij geldt dat het drinken van grotere teugen leidt tot een effectievere aanvulling dan het frequent drinken van kleine teugjes. Het advies is om 150-250 ml per 15 minuten te gebruiken. Na de inspanning dient 150 procent van het verloren gewicht aangevuld te worden.

# 6. Energiehuishouding: de balans

Ieder levend wezen heeft energie nodig. Planten, schimmels, bacteriën en dieren hebben allemaal energie nodig om te overleven. Het verschilt alleen per soort levend wezen, waar die energie uit gehaald wordt. Planten halen bijvoorbeeld de meeste energie uit de zon (fotosynthese), maar hebben verder ook water, mineralen en zouten nodig.

De mens haalt zijn energie uit alles wat hij eet (en inademt). De voeding van de mens bestaat in essentie uit drie verschillende voedingsstoffen, namelijk koolhydraten (suikerketens), eiwitten en vetten. Deze voedingsstoffen zijn energierijk. Die energie kan door afbraak van de voedingsstoffen worden vrijgemaakt, waarna deze in het lichaam gebruikt kan worden.

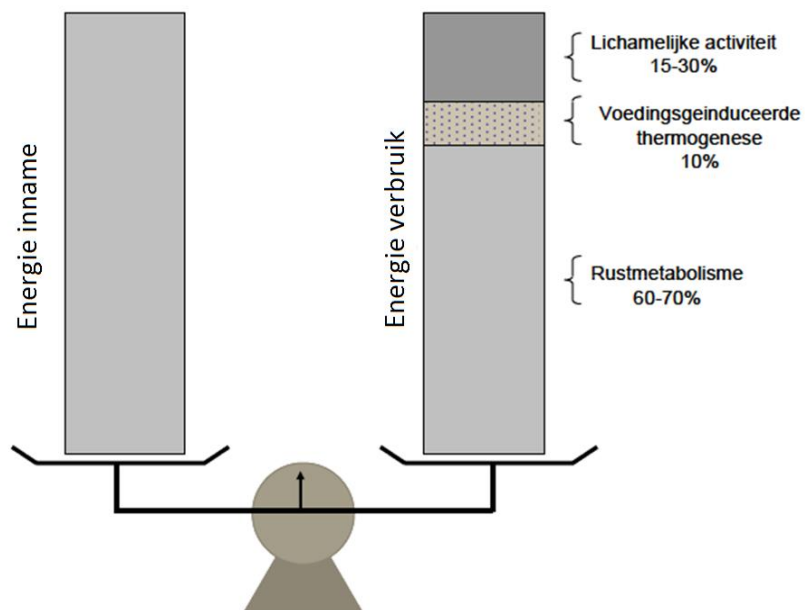
De afbraak van de potentieel energierijke stoffen vindt plaats in de mitochondriën. Dit zijn als het waren de energiefabrieken, of energieleveranciers, in de cel. De mitochondriën zijn in bijna alle menselijke cellen aanwezig. In de mitochondriën worden de voedingsstoffen samen met zuurstof verbrand. Hierbij komen water en koolstofdioxide vrij en het belangrijkste energie. Deze energie wordt gebonden aan een groot molecuul, dat ATP (adenosine triphosphaat) heet. Dit molecuul kan de energie weer loslaten op de locatie waar er behoefte aan is.



Dan is natuurlijk de vraag waar energie voor nodig is of gebruikt wordt. De energie die wij via het voedsel binnen krijgen wordt voor de volgende drie processen gebruikt:

- Rustmetabolisme
- Lichamelijke activiteit
- Voedingsgeïnduceerde warmteproductie (ontstaat na het eten bij de verwerking van voedsel)

Als de ingenomen en gebruikte energie tegenover elkaar worden gezet, kan dit als een weegschaal gezien worden. De verhouding tussen beide bepaalt of iemand energie overhoudt of een tekort heeft. Als iemand energie overhoudt, wordt dit opgeslagen, voornamelijk in de vorm van vet. Heeft iemand in verhouding een tekort aan energie worden juist opgeslagen stoffen (vet, glycogeen, etc.) afgebroken om in de energiebehoefte te voorzien.

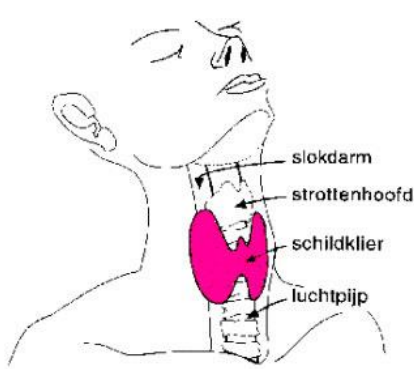




# 7. Het Rust Metabolisme

---

Het rustmetabolisme, ook wel basaal metabolisme genoemd, is de stofwisseling die je lichaam nodig heeft om een minimale hoeveelheid energie te leveren. Deze energie is nodig voor de belangrijkste levensprocessen van het lichaam. Onder deze levensprocessen vallen onder andere ademen, de groei van botten, huid en haren, de spijsvertering en de hartslag. Het zenuwstelsel verbruikt hiervan ook in rust een aanzienlijk deel en skeletspieren zelfs 20-30%. Wanneer je lichaam volledig in rust verkeerd, dus bijvoorbeeld als je slaapt of wanneer je rustig ligt, heeft je lichaam genoeg aan dit basale metabolisme. Hier kan het lichaam dan voldoende energie uit halen om alle levensprocessen te kunnen blijven uitvoeren. Personen die een groot deel van de dag zittend doorbrengen, verbruiken hiervoor toch ongeveer 50-70% van hun energie. Dit rustmetabolisme wordt aangestuurd door de schildklier.



## De Schildklier

De schildklier ligt aan de voorkant van de luchtpijp en produceert het schildklierhormoon. Schildklierhormoon laat de stofwisseling versnellen. Als de schildklier zijn maximale hoeveelheid schildklierhormoon uitscheidt, kan de stofwisseling stijgen met 50-100% boven normaal. Daarentegen bij verlies van schildklierfunctie daalt de stofwisselingsnelheid tot 40-60% onder normaal. Schildklierhormoon laat namelijk de snelheid van chemische reacties in vele lichaamscellen toenemen, met als gevolg snellere stofwisseling. De schildklier is dus eigenlijk een soort gaspedaal voor de algehele stofwisseling in ons lichaam.

Aanpassing van de schildklier – met toename van de afgifte van schildklierhormoon in koude klimaten, en afname van uitscheiding in warme klimaten – draagt bij aan de verschillen in de snelheid van het basaal metabolisme tussen mensen in verschillende geografische zones.

Andere factoren die eveneens zorgen voor een snellere stofwisseling zijn: mannelijk geslachtshormoon, groeihormoon en koorts. Slaap en ondervoeding daarentegen, laten de stofwisseling vertragen.

Bovenop het rustmetabolisme is nog extra energie nodig voor het leveren van lichamelijke activiteit. Tot slot verbruiken we ook energie voor spontane fysieke activiteit die nodig is voor spierspanning, lichaamshouding en 'activiteiten' zoals friemelen, krabben, knipperen enzovoort. De energie die wij verbruiken in het lichaam wordt uit ons voedsel gehaald. Zo leveren koolhydraten en vetten, maar ook eiwitten energie voor het lichaam. In de lichaamscellen vinden reacties plaats, hierbij wordt de energie die in het voedsel zat opgeslagen weer vrijgemaakt. De omzetting van deze nutriënten naar energie wordt de stofwisseling genoemd. Deze verbranding heeft op zijn beurt ook weer brandstof (energie) nodig! De belangrijkste brandstof voor ons lichaam is glucose, dit is een omgezette vorm van de koolhydraten en vetten die wij innemen met ons voedsel. Ongeveer 45% van de energie-inname van onze cellen per dag komt van koolhydraten, 40% van vetten en 15% van eiwitten (kan verschillen per dieet).

Naast brandstof is voor de verbranding ook zuurstof nodig, dit zit in de lucht die we inademen en wordt door de longen aan het bloed afgegeven en vervoert naar alle lichaamscellen.

Hoe hoog het metabolisme in rust is kan worden gemeten aan de hand van de hoeveel zuurstof die er door een individu wordt gebruikt in rust. Aan het verschil tussen het zuurstofpercentage in de ingeademde en de uitgedemde lucht kan worden berekend hoeveel energie er in het lichaam verbruikt wordt. Hoe hoog het metabolisme in rust is, is afhankelijk van verschillende factoren: bijvoorbeeld geslacht, het lichaamsgewicht, de lichaamstemperatuur, de tijd van de dag en de leeftijd, kunnen hierop allemaal van invloed zijn. Het rustmetabolisme is dus ook voor iedereen verschillend.

Er bestaat een berekening (Harris Benedict Formule) waarmee het rustmetabolisme per individu in kilocalorieën geschat kan worden, deze is als volgt:

**Mannen:** Rustmetabolisme (in KiloCalorieën) =  $88 + (13,4 \times \text{gewicht in kg}) + (4,8 \times \text{lichaamslengte in cm}) - (5,7 \times \text{leeftijd in jaren})$

**Vrouwen:** Rustmetabolisme (in KiloCalorieën) =  $447,6 + (9,2 \times \text{gewicht in kg}) + (3,1 \times \text{lichaamslengte in cm}) - (4,3 \times \text{leeftijd in jaren})$

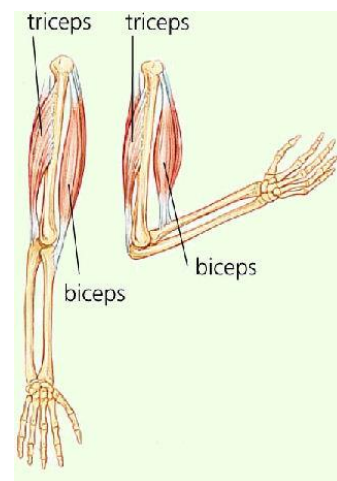
Bij de verbranding van voedingsstoffen komt energie in de vorm van warmte vrij. De kilocalorie (equivalent aan 1000 calorieën) is de hoeveelheid warmte die nodig is om de temperatuur van 1 gram water met 1 graad te verhogen.

Een man van 50 jaar, met een lengte van 180 cm en een gewicht van 80 kg zal met deze berekening dus uitkomen op een rustmetabolisme van 1739 kcal. Dat wil zeggen dat deze man per dag in ieder geval 1739 kcal moet eten om in rust niet af te vallen en zijn basale metabolisme op gang te houden. Een vrouw met dezelfde waarden heeft daarentegen 1527 kcal nodig. Dit verschil heeft onder andere te maken met het mannelijke geslachtshormoon testosteron, dat een groter anabool effect (energie verbruikend) heeft en zorgt voor meer spiermassa.

## 8. Beweging en metabolisme

---

Om ons lichaam te verplaatsen is er energie nodig. Deze energie halen wij uit koolhydraten en vetten (de energie van eiwitten wordt alleen gebruikt wanneer de koolhydraten en vetten op zijn). Koolhydraten worden met name aan het begin van de inspanning gebruikt, maar naar mate de inspanning vordert worden er meer vetten als brandstof gebruikt. Spieren gebruiken echter niet de koolhydraten en vetten als directe brandstof. Hiervoor worden ATP moleculen gebruikt, die in de mitochondria gemaakt worden. Dit zijn als het ware de energiefabriekjes van de cellen. Spieren gebruiken de ATP moleculen om de vezels tijdelijk "korter" te maken (bv. zoals in het plaatje, waar de biceps korter wordt). Door dit inkorten kunnen vervolgens ledematen bewegen, die het lichaam in beweging zetten. Bij beweging komt ook warmte vrij, omdat niet alle energie in beweging wordt omgezet. Daarom krijgt u het vaak ook warmer wanneer u zich inspant.



Maar hoeveel energie kost het om ons lichaam in beweging te zetten? Dit hangt af van een aantal factoren:

- **Lichaamsgewicht:** Des te groter het lichaamsgewicht is, des te meer energie het kost om het lichaam voort te bewegen.
- **Activiteit:** des te meer spieren er nodig zijn bij het bewegen, des te meer energie is er nodig om deze spieren te laten bewegen. Zo zijn er bijvoorbeeld bij zwemmen meer spieren actief dan bij normaal lopen
- **Intensiteit:** des te intensiever de inspanning is, des te meer energie wordt er gebruikt. Zo is er bijvoorbeeld meer energie nodig bij wandelen als de snelheid hoger ligt.
- **Duur:** des te langer de inspanning duurt, des te meer energie er nodig is.

In de onderstaande tabel (bron: voedingscentrum.nl/bewegen) staan een aantal voorbeelden van de energie die gebruikt wordt tijdens verschillende activiteiten uitgedrukt per kilogram lichaamsgewicht per uur.

Activiteit	Kcal/kg/uur	
<b>Slapen</b>	0,9	Hoeveel extra zou je moeten gaan bewegen als je een chocolade reep als snack neemt, maar niet wilt aankomen?
<b>Zitten (tv kijken)</b>	1	Bijvoorbeeld een man van 70 kg eet een Mars van 51 gram die 229 kcal bevat.
<b>Staan</b>	1,2	Als hij gaat wandelen gebruikt hij in 1 uur $70 \times 3,5 = 245$ kcal.
<b>Stofzuigen</b>	2,5	Om de chocolade reep te verbranden moet hij dus bijna 1 uur extra wandelen.
<b>Wandelen (5 km/u)</b>	3,5	
<b>Fietsen (16 km/u)</b>	4	
<b>Tuinieren</b>	5	
<b>Zwemmen</b>	6	En hoeveel extra zou iemand moeten bewegen om 1 kg lichaamsgewicht te verliezen?
<b>Traplopen</b>	8	Bijvoorbeeld een vrouw van 100 kg zwemt graag. 1 kg lichaamsgewicht is ongeveer gelijk aan 7000 kcal. Met
<b>Squashen</b>	12	

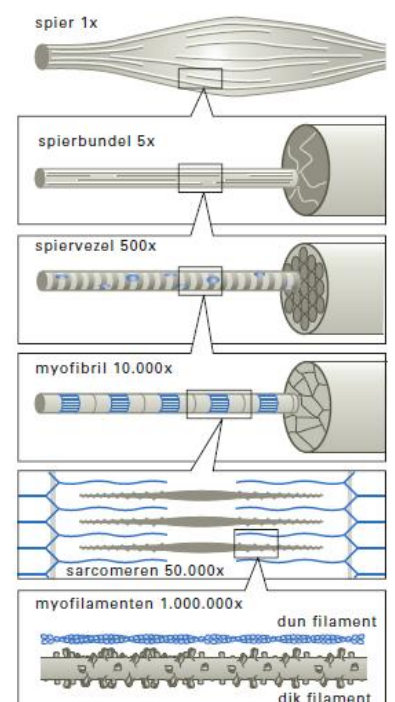
zwemmen gebruikt de vrouw  $100 \times 6 = 600$  kcal per uur. Zij zou dan  $7000 / 600 = 11,7$  uur moeten zwemmen om 1 kg lichaamsgewicht te verliezen.

Het lijkt haast een onmogelijke opgave voor deze mevrouw om gewicht te verliezen, maar het zou zeker ook helpen als zij minder gaat eten. Bijvoorbeeld door een kleine portie friet met mayonaise over te slaan krijgt zij 590 kcal minder binnen, wat bijna gelijk is aan 1 uur zwemmen.

## 9. Spieren & Sport

### Wat zijn spieren?

Een spier is een orgaan dat zich kan samentrekken (contracteren). Wanneer steeds verder ingezoomd zou worden op een spier, zal men zien dat de spier uit spierbundels bestaat. De spierbundels bestaan uit spiervezels, die op hun beurt weer uit myofibrillen bestaan (myo = spier). De myofibrillen bestaan weer uit sarcomeren, die ten slotte uit myofilamenten bestaan (afbeelding). Juist in de sarcomeren en myofilamenten kan men goed zien hoe een spier contracteert. Het contractiemechanisme berust op processen die de dunne filamenten (actine) tussen de dikke filamenten (myosine) intrekken, doordat de twee filamenten zich onderling verbinden. Het contractieproces wordt in gang gezet door een elektrisch signaal van een zenuwcel. Het uiteinde van een zenuwcel en de aanliggende spiervezels worden *een motorische eenheid* genoemd. De motorische eenheid is belangrijk, omdat deze overeenkomt met alle spieren die geactiveerd worden na het elektrisch signaal van één zenuwcel.



Er bestaan verschillende soorten spierweefsels: skeletspierweefsel (dwarsgestreept), glad spierweefsel en hartspierweefsel. We gaan hier verder in op skeletspierweefsel.

### Wat zijn type-1- en type-2-vezels?

Spiervezels kunnen fysiologisch, chemisch en anatomisch worden ingedeeld in 2 typen vezels; de langzame en snelle spiervezels. De langzame en snelle spiervezels zijn per motorische eenheid gegroepeerd, niet per spier. Dus in een spier komen langzame én snelle spiervezels voor.

- Langzame spiervezels: de tijd tussen het begin van de contractie en de maximale sterkte bedraagt ongeveer 40 milliseconde (=0,04 seconde). De langzame spiervezels zijn in staat om langdurige prestaties te leveren en gebruiken zuurstof bij de verbranding van brandstoffen om energie te produceren. Langzame spiervezels zijn rood gekleurd.
- Snelle spiervezels: de tijd tussen het begin van de contractie en de maximale sterkte bedraagt ongeveer 5 milliseconde (=0,005 seconde). Veel van de korte spiervezels raken snel uitgeput. Er zijn twee typen snelle spiervezels die op een verschillende manier aan energie komen:
  - Snel glycolytisch: deze gebruiken de glucosevoorraad zonder zuurstof te gebruiken (anaerobe verbranding). Deze vezels werken zeer snel en zijn snel vermoeid, maar zijn zeer krachtig. De snel glycolytische vezels zijn wit van kleur.
  - Snel oxidatief-glycolytisch: deze spiervezels zijn eigenlijk de “middenweg” tussen de langzame en snel glycolytische vezels. De contractiesnelheid is hoog, maar de kracht en vermoeibaarheid zijn middelmatig. De kleur is wit-rood.

### Wat is de invloed van krachttraining op de spieren?

Onder invloed van herhaalde belasting neemt de grootte en het gewicht van de spier toe; *het trainingseffect*. De omvang van spieren kan op twee manieren toenemen: hyperplasie (meer cellen) of hypertrofie (grotere cellen). Onder invloed van krachttraining (anaeroob) ziet men dat in de **snelle vezels** het aantal myofibrillen toeneemt, waardoor de spiervezels dikker worden (hypertrofie). Mogelijk is er ook een toename in het aantal spiervezels, maar dat is nog onduidelijk. Naast de veranderingen van het samentrekkende gedeelte van de spier, verandert bij anaerobe training ook de energievoorziening. De concentratie van stoffen die anaerobe verbranding bevorderen en de tijdsduur kunnen verlengen, *myoglobine en creatinefosfaat*, neemt toe. Ook neemt de melkzuurtolerantie toe, omdat bij de anaerobe verbranding van glucose melkzuur (lactaat) ontstaat. Melkzuur verzuurt het bloed en bij getrainde mensen kan de concentratie van melkzuur hoger in het bloed zijn dan bij ongetrainde personen zonder dat dit tot problemen leidt.

### De invloed van spieren op de energiehuishouding?

Het trainen van spieren brengt veel functionele veranderingen in de energiehuishouding met zich mee. Belangrijke veranderingen in de spieren zijn de toename van de hoeveelheid glycogeen (wat afgebroken kan worden tot glucose), de toename van het aantal mitochondriën binnen de spiercellen (mitochondriën zijn organellen waarbinnen energie wordt vrijgemaakt) en de toename van het gebruik van ATP in rust. De spier verbruikt dus in rust ook meer energie wanneer deze getraind is. Ook het hart is een spier en bij duurtraining vinden er ook veranderingen in het hart plaats, waardoor de capaciteit en reservecapaciteit van het hart toeneemt en dus de conditie verbetert.

### Wat is de invloed van lichamelijke fitheid op de gezondheid?

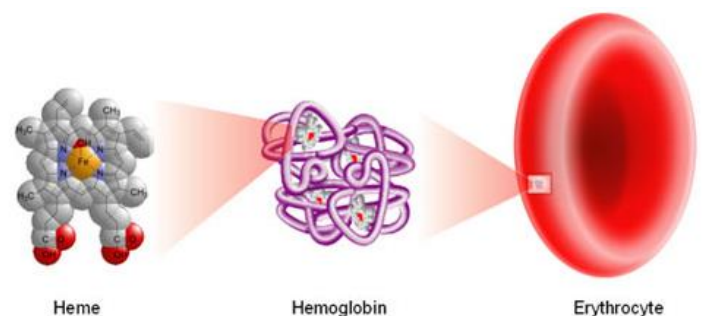
Meerdere studies tonen aan dat lichamelijke fitheid, vooral tussen het 50<sup>e</sup> en 70<sup>e</sup> levensjaar, het leven verlengt. Hoe kan dat dan eigenlijk? Het antwoord is dat sporten op veel lichaamsfuncties een positieve invloed heeft. Lichamelijke fitheid verlaagt aanzienlijk het risico op hart-en-vaatziekten door de bloeddruk en het cholesterol laag te houden, verhoogt de reserve capaciteit van de longen, verlaagt de kansen op chronische ziekten zoals diabetes type 2, obesitas en bepaalde vormen van kanker.

# 9. Rode bloedcellen en hemoglobine

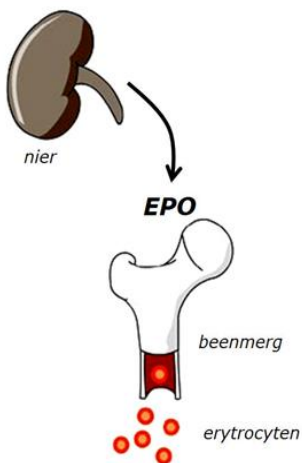
Het menselijk bloed bestaat uit verschillende soorten cellen. Het grootste gedeelte hiervan wordt ingenomen door de rode bloedcellen. De andere cellen zijn witte bloedcellen en bloedplaatjes.

**Waar heb je rode bloedcellen voor nodig?** Rode bloedcellen vervullen een belangrijke functie binnen het lichaam. Ze zijn namelijk verantwoordelijk voor het transport van zuurstof en koolstofdioxide tussen de longen en de weefsels. Zuurstof speelt een belangrijke rol bij de verbranding van voedingsstoffen. Bij deze verbranding komt energie vrij, energie die we nodig hebben om te functioneren. Zuurstof is een stof die matig oplost in water en dus ook maar matig oplost in de bloedvloeistof. Als we zouden moeten leven van het beetje zuurstof dat hierin oplost, zouden heel veel processen in ons lichaam niet plaats kunnen vinden. Daarom bevat het bloed rode bloedcellen, cellen die gespecialiseerd zijn in het vervoeren van zuurstof.

**Hoe werken rode bloedcellen?** De rode bloedcel is, zoals de naam al zegt, rood van kleur. Deze rode kleur dankt de cel aan hemoglobine. Een rode bloedcel bestaat voor 90% uit hemoglobine. Het is een eiwit waaraan zuurstof kan binden. Hemoglobine bevat vier ijzergroepen, heemgroepen genoemd. Iedere heemgroep kan een zuurstofmolecuul binden. Het menselijk bloed bevat ongeveer 25.000 miljard rode bloedcellen die samen een oppervlakte hebben van ongeveer 4.000 m<sup>2</sup>. Zo kunnen zuurstof en koolstofdioxide snel door vele hemoglobinemoleculen worden opgenomen. De rode bloedcel heeft de vorm van een platte, ronde cel met in het midden een indeuking. Deze vorm zorgt voor een optimale uitwisseling van de stoffen.



**Wat als er een tekort aan rode bloedcellen is?** Als er niet genoeg rode bloedcellen zijn, kan er niet genoeg zuurstof vervoerd worden naar weefsels en organen. Een tekort aan rode bloedcellen wordt bloedarmoede, ofwel anemie, genoemd. Er kunnen hierbij klachten optreden als vermoeidheid, bleekheid en duizeligheid. Wanneer een arts vermoedt dat er sprake is van een anemie wordt het hemoglobinegehalte van het bloed getest. In de volksmond wordt dit vaak het ijzergehalte genoemd, omdat hemoglobine ijzer bevat.



**Hoe zit dat met EPO?** EPO is een naam die we allemaal wel eens gehoord hebben. Het is namelijk een bekende dopingvorm die door veel wielrenners gebruikt is. Het is goed om te weten dat EPO eigenlijk een lichaamseigen stof is. EPO is een afkorting van erythropoëtine. Dit is een hormoon dat door de nieren wordt geproduceerd. Het stimuleert de aanmaak van rode bloedcellen in het beenmerg. Wanneer het bloed te weinig zuurstof bevat, reageren de nieren hierop door meer erythropoëtine aan te maken, dit leidt tot een hogere aanmaak van rode bloedcellen die dan weer meer zuurstof kunnen vervoeren. Oorspronkelijk is EPO dan ook gemaakt als geneesmiddel voor mensen waarbij de nieren zo slecht werken dat ze zelf geen erythropoëtine kunnen aanmaken en daardoor bloedarmoede krijgen. De EPO die als doping gebruikt wordt, werkt dus hetzelfde als erythropoëtine en zorgt er uiteindelijk voor dat het lichaam meer zuurstof kan vervoeren. Omdat zuurstof uiteindelijk een belangrijke rol speelt bij de verbranding van onder andere koolhydraten krijgt het lichaam zo meer energie en kunnen er grotere topprestaties geleverd worden...