

Eenheid van instructie van de UIAA Medische Commissie

Volume 4: Bergsport voeding

1. Inleiding

“Het innemen van voldoende calorieën en vocht is minstens zo belangrijk als zuurstof” [1]

Ondanks deze woorden van Pugh naar aanleiding van de succesvolle wetenschappelijke studie en beklimming van de Mount Everest tijdens de expeditie in 1953, beperken andere studies waarbij voedingskwesties op grote hoogte geanalyseerd werden zich grotendeels tot de laatste 20 jaar.

De verschillende variaties van bergsport – zoals alpien klimmen, trekken of expeditie klimmen – zijn fysiek en fysiologisch veeleisende “high-performance” sporten. Steeds meer mensen reizen naar grotere hoogten voor sport, hoogtetraining en recreatie, voor langere perioden tot wel een paar maanden. Zoals voor elke sportieve activiteit geldt, hebben een adequate voedsel- en vochtinname een positieve invloed op de gezondheid en het prestatievermogen. Het innemen van voldoende voedsel en vocht is op grote hoogte, en in een afgelegen en uitdagende omgeving echter vaak makkelijker gezegd dan gedaan.

Er zijn veel bijkomende voedingskwesties die overwogen moeten worden bij de voorbereiding van elke tak van bergsport, in het bijzonder die van langere duur. Met toenemende hoogte is sprake van een toename in hypoxie (verminderde hoeveelheid zuurstof in de lucht voor de ademhaling), en vinden complexe fysiologische aanpassingen plaats. Eetlust en smaakvermogen zullen afnemen. Voor lichamelijke inspanning kan nu echter meer dan tweemaal zoveel energie (calorie inname) nodig zijn als op zeeniveau. De combinatie van deze effecten kan resulteren in gewichtsverlies en een verandering in de lichaamssamenstelling (van percentages vet- en spierweefsel).

Het doel van dit artikel is daarom om kort de evidence-based strategieën omtrent voeding uiteen te zetten, die toegepast kunnen worden om gewichtsverlies te minimaliseren, en gezondheid en prestatievermogen te verbeteren.

2. Redenen voor gewichtsverlies op grote hoogte

Ervan uitgaande dat er een voldoende hoeveelheid smakelijk voedsel meegenomen wordt, dat op vaste tijden klaargemaakt wordt, en gegeten wordt onder redelijk comfortabele omstandigheden, dan is het mogelijk toch een probleem om daadwerkelijk voldoende te eten en te drinken.

Eetlust en smaakvermogen zijn beiden onderdrukt op grote hoogte. Een sterker gevoel van verzadiging treedt op bij kleinere maaltijden – je hebt een “vol” gevoel bij kleinere porties. Dit “mountain anorexia” effect kan resulteren in een significante afname van het lichaamsgewicht op hoogten vanaf zo’n 3600 m; op hoogten rond 5000 m kan het gewichtsverlies maximaal zijn (1-2 kg/week) [2]. Een mogelijke verklaring voor dit verlies is een verandering in hormoonspiegels op grote hoogte, met name een verandering in de concentratie van het hormoon leptine is van belang. Tijdens een expeditie naar de Everest was het verlies van lichaamsgewicht (vooral lichaamsvet) groter onder Caucasians dan onder sherpa’s, dit verschil was het grootst boven 5400 m [3]. De sherpa’s, met gemiddeld 9,1 % lichaamsvet in het basiskamp, behielden dit percentage lichaamsvet, en ook de omvang van hun ledematen bleef onveranderd. Maar bij de Caucasians, die in het basiskamp gemiddeld 18,4 % lichaamsvet hadden, daalde het percentage lichaamsvet, en ook de omvang van de ledematen nam af. In een andere studie, waarbij gedurende 40 dagen een trekking naar de Everest gesimuleerd werd in een hypobare drukkamer, werd bij de proefpersonen een gewichtsverlies van $7,4 \pm 2,3$ kg gevonden, daarvan was 2,5 kg lichaamsvet.

Dit gewichtsverlies is onafhankelijk van het optreden van symptomen van hoogteziekte (acute mountain sickness, AMS), waarbij de aangedane persoon wel een hongergevoel heeft, maar niet wil eten of drinken vanwege misselijkheid. AMS kan optreden op gematigde hoogten (normaalgesproken boven 2500 m).

Een slechte persoonlijke hygiëne is een van de vele oorzaken van diarree. Dit onderwerp wordt beschreven in UIAA standaard nr 5. Diarree leidt tot gewichtsverlies en een verstoring van de elektrolyt balans op elke hoogte (zie UIAA standaard nr 5, “Reizigers diarree”). Een eenvoudig recept voor een drank om het verlies van elektrolyten weer aan te vullen staat in paragraaf 4.1.

Andere redenen die kunnen bijdragen aan gewichtsverlies zijn een gebrek aan eetlust vanwege een verandering in het menu, comfort en/of gewoonten, of de afwezigheid van vrienden/familie. Eten en drinken kan ook

overschaduwd worden door de noodzaak om zich te concentreren op het klimmen en andere fysieke taken, of zelfs om te overleven [4].

Hypoxie kan, onafhankelijk van de fysieke conditie, een verandering veroorzaken in de energiebron die bij voorkeur gebruikt wordt door het lichaam (vet of koolhydraten), en dit kan per geslacht verschillen [5].

De lichaamssamenstelling verandert bij gewichtsverlies op grote hoogte, en dit is afhankelijk van het hoogteprofiel, de bestaande lichaamssamenstelling, en geslacht. Ook kan een verandering in de vochtbalans optreden onder condities van hypoxie.

Als er gemakkelijk voldoende smakelijk voedsel beschikbaar is in een relatief comfortabele setting, dan kan elke vorm van gewichtsverlies geminimaliseerd worden [6], [4], [2], [7].

3. Vóór de expeditie

3.1. Welke voedingsmiddelen moeten worden meegenomen op expeditie?

Het besluit over welke voedingsmiddelen meegenomen moeten worden op een expeditie hangt af van de dieetbehoeften van de individuele expeditieleden, en van de duur van de expeditie. Ga voor de expeditie naar de tandarts voor een gebitscontrole en laat zo nodig behandelen.

Omdat er waarschijnlijk sprake zal zijn van momenten waarop de energie inname onvoldoende is om de verbruikte energie weer aan te vullen (de calorie inname kan voor een derde zijn afgenomen op hoogten boven 5000 m), is het belangrijk dat de voedingsmiddelen smakelijk, verzadigend, en gemakkelijke te bereiden en te eten zijn, om mogelijk gewichtsverlies te minimaliseren [2].

Het meenemen van een verscheidenheid aan energierijke en koolhydraatrijke voedingsmiddelen die gemakkelijk te bereiden zijn en die ieder zelf kan kiezen bij de maaltijden, of voedingsmiddelen (met veel koolhydraten) die in de zakken kunnen worden gestoken zodat je er tijdens het klimmen gemakkelijk bij kunt, is een nuttige strategie. Zorg dat de voedselinname gevarieerd blijft. Het is ook nuttig om een verscheidenheid aan kruiden mee te nemen die elk lid naar smaak kan toevoegen om de smakelijkheid te verbeteren wanneer de smaakzin is afgenomen op grote hoogte. Tijdens een expeditie naar de Everest bijvoorbeeld, werd de totale hoeveelheid cayennepeper van 2,3 kg binnen een paar weken gebruikt [6].

Zorg ervoor dat de pannen die worden meegenomen gemakkelijk schoon te maken zijn om tijd en inspanning te besparen, en ook voor het voorkomen van het oplopen van een darminfectie vanwege vieze restjes in de pan van de vorige maaltijd. Het gebruik van een deksel bespaart energie. Eenpansgerechten die snel klaar te maken zijn, waar weinig brandstof voor nodig is, en waarbij een minimale hoeveelheid water nodig is voor de bereiding en voor het afwassen van kookgerei na de bereiding, verdienen de voorkeur. Tijdens een expeditie naar de Everest bijvoorbeeld, lag het Lhotse westwand kamp III op een niet zo comfortabele plek op een helling van 45° hard ijs. Het bereiden van maaltijden was beperkt tot ingrediënten die gegeten konden worden zonder te koken, of die eenvoudig bereid konden worden door te mengen met heet water [4]. Er zijn veel studies gedaan bij militairen die “eat-to-eat” voedingsmiddelen gebruiken die speciaal ontworpen zijn om te voldoen aan de energie- en voedingsstoffenbehoeften tijdens veldtraining op grote hoogte. Uit deze rapportages blijkt, dat zodra de voedingsvoorraad wordt aangebroken, producten die niet lekker gevonden worden, worden afgedankt (meestal 10-20 %, maar soms tot wel 40 % van de totale voorraad). Dit gebeurt al voordat de overige voedingsmiddelen worden opgegeten, en daarbij wordt dan vaak een energie tekort gecreëerd [6]. Studies onder niet-militairen bevestigen deze vindingen.

Het heeft geen zin om voedsel mee te nemen dat toch niet gegeten gaat worden. Bekijk zorgvuldig wat de energie behoeften zijn van de expeditie deelnemers, en welk voedsel zij lekker en niet lekker vinden. Het gemak waarmee een maaltijd op grote hoogte en in de kou bereid kan worden, is van kritiek belang voor een grotere kans op een goed evenwicht tussen energie inname en smakelijkheid enerzijds, en energie behoefte anderzijds.

In deze informatie worden geen voorbeelden van maaltijden gegeven omdat er grote individuele variatie is in de dieetbehoefte, afhankelijk van:

- wat een gebruikelijk dieet is (vegetarisch, ovolacto-vegetarisch, vleeseter)
- religie (strikt vegetarisch, Kosher)
- het gebruik om bepaalde levensmiddelen te beperken

- leeftijd en geslacht
- voedselintolerantie / allergie
- gezondheid (maagproblemen, diabetes)
- fysieke conditie
- % spierweefsel versus vetweefsel
- voorkeur voor zoet versus hartig
- het gebruik van sommige medicatie gaat niet samen met bepaalde levensmiddelen

Als er deelnemers zijn met een ernstige voedselallergie mogen de betreffende levensmiddelen niet meegenomen worden. Zorg ervoor dat adrenaline voor noodgevallen werkzaam is bij de temperaturen die tijdens de expeditie kunnen voorkomen, voor het geval dat een overgevoeligheidsreactie mocht optreden.

Waar moeten de voedingsmiddelen gekocht worden – thuis of in het buitenland? Houd rekening met de houdbaarheid van de levensmiddelen, de temperatuur waarbij ze bewaard worden, het gewicht en de verpakking van de levensmiddelen, en wie het zal dragen (jijzelf of dragers?). Wat wordt er met de verpakking gedaan en wanneer?

Als al deze informatie eenmaal bekend is, dan zijn er voldoende media die je kunnen helpen bij het plannen van een dieet dat voldoet aan persoonlijke dieetbehoeften en -voorkeuren. Als de organisatoren van de expeditie belast zijn met de voedselvoorziening, zorg er dan voor dat ze in het bezit komen van het dieetprofiel van het expeditieteam.

3.2. Experimenteer thuis met het klaarmaken en het eten van voedsel dat op expeditie wordt meegenomen

Experimenteer met het koken van voedsel dat gegeten zal worden tijdens de expeditie. Probeer poedervormen uit van melk, eieren, kaas, etc. Probeer gedroogde groenten, voorraadbusjes, gedroogde vruchten, en verschillende soorten noten uit. Als maaltijden, kant-en-klaar verpakt in folie, meegenomen worden, wees er dan zeker van dat deze smakelijk genoeg zijn om te eten. Voedsel zoals linzen, haver, en gedroogde levensmiddelen moet je voor gebruik goed laten weken, anders nemen ze water uit het spijsverteringskanaal op met als mogelijk gevolg constipatie of maagproblemen. Onthoud dat je op grote hoogte geen zin hebt om te eten en het voedsel niet goed kunt proeven.

Experimenteer met het bewaren van voedselvoorraden bij temperaturen die tijdens de expeditie zullen heersen. In een warm klimaat kan de textuur van voedsel veranderen en kan het snel gaan rotten. Extreme koude kan ervoor zorgen dat sommige levensmiddelen te hard of te bros worden om gemakkelijk te kauwen zonder ze te koken (karamel, noga), en dit kan tot gevolg hebben dat je ter plekke een tandheelkundige behandeling nodig hebt (gebroken tanden, verloren vullingen).

3.3. Check je ijzerstatus nauwkeurig voordat je op expeditie gaat

Laat je ijzerstatus checken bij je huisarts voordat je vertrekt, en zorg voor herstel van een eventuele disbalans voor een grote expeditie / verblijf op een verlaten plek! Het kan 3-6 maanden duren om bij ijzergebrek de ijzerstatus weer op peil te brengen. Vooral vrouwen en vegetariërs lopen risico en moeten zich laten checken voordat ze naar grote hoogte gaan.

4. Tijdens de expeditie

4.1. Hoe behoud je een goede vochtbalans op hoogte en kun je problemen als dehydratie en diarree voorkomen?

Waarschijnlijk hebben AMS, HAPE en HACE nog niet goed begrepen pathologische effecten die gekarakteriseerd worden door het vasthouden van lichaamsvocht op verkeerde plaatsen in het lichaam. (zie UIAA standaard nr 2). Dehydratie kan – vanwege onvoldoende vochtopname, zweten of diarree – ook op zichzelf serieuze gezondheidsproblemen tot gevolg hebben. Op zeeniveau kan een afname van 2 tot 5 % van het lichaamsgewicht vanwege vochtverlies dorst, hoofdpijn, vermoeidheid, overvloedig zweten, afgenomen mentaal en fysiek prestatievermogen, een droge mond, verkilling en klamheid tot gevolg hebben; een verlies van 8% leidt tot de dood. Op grote hoogte (> 2500 m), is het in stand houden van een goede waterbalans fysiologisch meer complex, en wordt het beïnvloed door het hoogteprofiel, maar het is niet minder serieus. Aangenomen dat je voldoende schoon water hebt klaargemaakt om regelmatig en naar behoefte te drinken op grote hoogte, kan het

nog steeds moeilijk zijn om te begrijpen of je gewoon water moet drinken, of dat je een oplossing met elektrolyten (natrium, glucose) moet drinken. De volgende richtlijnen kunnen je helpen bij het bepalen van je hydratatie-strategie op grote hoogte.

Als je voldoende gehydrateerd bent, heeft urine een erg lichte gele kleur en is de hoeveelheid voldoende. Hoe donkerder geel, of zelfs licht bruin, de urine wordt, en ook als het maar een kleine hoeveelheid is, hoe meer het er op lijkt dat je ernstig dehydrateerd bent, of zelfs acute hoogteziekte hebt.

Het is onmogelijk om een voorschrift te geven over hoeveel water er per dag gedronken moet worden, omdat dit afhangt van de weersomstandigheden, de intensiteit/hoeveelheid fysieke activiteit, individuele variaties in zweetverlies en geslacht etc. Een studie tijdens een expeditie naar de Everest liet bijvoorbeeld zien dat het waterverlies bij mensen die zaten $3,0 \pm 0,5$ l / dag was, en bij klimmers $3,3 \pm 0,6$ l / dag. Een andere studie waarbij het waterverlies werd bekeken onder identieke omgevingsomstandigheden maar op verschillende hoogten, tussen 5000-7000 m en tussen 7000-8848 m, rapporteerde een verlies van respectievelijk $3,7 \pm 0,6$ l / dag en $3,3 \pm 0,8$ l / dag [2].

Om het vochtverlies te compenseren, is in een gematigd klimaat de basisbehoefte voor vochtinname (uit voedsel en dranken) voor een man met een gemiddeld gewicht van 70 kg 2,5 l/dag en voor een vrouw met een gemiddeld gewicht van 55 kg 2,2 l/dag. Als je vocht uit voedsel niet meerekent, betekent dit dat er per dag zo'n 1,2 liter vocht gedronken moet worden (6-8 glazen). Maar bij een grotere lichamelijke activiteit en/of hogere temperatuur, kan het verlies van vocht door zweet erg variabel zijn tussen verschillende personen, en kan het vochtverlies oplopen tot wel 1 - 2 l/uur.

Met overvloedig zweten verlies je niet alleen water. Zweet bevat ook andere elementen, zoals ijzer, kalium en natrium (zout). Als iemand veel zweet, komen er bijvoorbeeld zoutvlekken in de kleding en krijg je last van prikkende ogen door het zweet. Dit suggereert dat er met het zweet meer natrium wordt verloren dan normaal, en dan is extra toevoegen van zout in voedsel en dranken nodig om het verlies te compenseren naast het verlies van water – tenminste, zo is het op zeeniveau. Er zijn echter geen data bekend waarbij het gebruik van elektrolyt-dranken op grote hoogte werd bestudeerd; en het is onmogelijk om een hoeveelheid natrium voor te schrijven die dagelijks moet worden ingenomen op grote hoogte. Dit is wat sommige expedities deden: De samenstelling van de voedselvoorraad voor het leger bij verblijf onder koude weersomstandigheden in 1994 was 4500 kcal aan energie, 4500 mg natrium, en 90 g eiwit. Een dokter die deelnam aan een Special Forces Alaskan climbing studie waarbij dit voedselpakket gebruikt werd, suggereerde dat de uitputting waarmee het team te maken had te wijten was aan zoutdepletie in plaats van glycogeendepletie of dehydratie. Tijdens een expeditie naar de Everest (in 1989) gebruikte men geen extra zout op het voedsel (hoewel veel voedsel op zich al zout bevat). Een andere anekdote over een team dat zichzelf dwong om dagelijks 4 l elektrolyt drank te drinken werd ziek omdat hun zweetverlies niet zo groot was en men dacht dat ze een overdosis aan elektrolyten hadden ingenomen [6]. Pugh (2004) rapporteert over klimmers die boven 19000 feet dagelijks meer dan 12 oz suiker consumeerden, wat gewoonlijk werd opgelost in dranken [7]. Cafeïnehoudende dranken kunnen aan het einde van de dag beter vermeden worden om slecht slapen te voorkomen.

De “take home message” kan als volgt worden samengevat: Onthoud dat je regelmatig moet drinken, niet merkbaar vochtverlies (vooral water) neemt toe met lichamelijke activiteit. Een drank met elektrolyten is mogelijk nodig na zware inspanning of overvloedig zweten (net als opname van voldoende koolhydraten). Drink echter niet teveel tegelijk omdat elektrolyten in plasma dan meer worden verdund, of er kan hyponatremie optreden.

Hoe dan ook, het kan erg moeilijk zijn om voldoende gehydrateerd te blijven op grote hoogte. De beschikbaarheid van water kan problematisch zijn – het smelten van genoeg sneeuw, het drinken van voldoende chemisch gesteriliseerd water, of eenvoudig eraan denken dat je regelmatig voldoende moet drinken. Probeer van te voren het drinken van gejodeerd water uit als dat gebruikt gaat worden op expeditie, om alvast aan de smaak te wennen. Experimenteer met het toevoegen van vitamine C bruistabletten of iets vergelijkbaars om indien nodig de smaak van jodium te maskeren en het water smakelijker te maken. Gletsjers kunnen grote smeltwater stromen produceren die keihard rotspoeder en veel mineraalzout kunnen bevatten, wat een laxerend effect kan hebben; dus neem voordat je zulk water gaat drinken de tijd om het te laten bezinken, filter het water, en zuiver het door te koken of met chemische tabletten. Drinkwater uit beken langs populaire routes kan besmet zijn door feces en moet daarom gesteriliseerd worden. Bij sterilisatie met chloor (Puritabs R, MultiManR, MikropurR, CerticilR), of met een jodiumoplossing (8 druppels per liter water) moet je het water minimaal 20 minuten laten staan voordat het sterilisatie effect van chloor of jodium bereikt is (zie voor een meer uitvoerig advies UIAA MedCom

Standaard nr 6 “Water desinfectie”). Onthoud dat een vieze smaak geen belemmering mag zijn om voldoende te drinken en je gezondheid en prestatievermogen niet in de weg mag zitten.

Als dehydratie optreedt ten gevolge van diarree, kan voor volwassenen als volgt een basale elektrolyt oplossing gemaakt worden: 1 theelepel zout en 1 eetlepel suiker op 1 liter (1,75 pints) steriel water (zie voor een meer uitvoerig advies over elektrolyt oplossingen UIAA MedCom Standaard nr 5 “Reizigers diarree”). Voor kinderen moet bij een dokter om advies worden gevraagd, en dient voorkeur te worden gegeven aan industriële orale rehydratie producten (ORS), met de correcte dosis voor het kind.

4.2. Vasthouden van water bij Acute Mountain Sickness (AMS)

Hoewel een gemiddeld lichaam 50 tot 60 % vocht bevat, zit er veel variatie in de verdeling van het vocht over de verschillende lichaamsweefsels. De hoeveelheid vocht in bloed, hersenen, spieren en botten bijvoorbeeld, is respectievelijk ongeveer 91, 81, 76, en 13 %. Het is daarom niet verwonderlijk dat zowel de fysieke als de mentale prestatie in toegenomen mate is aangedaan bij een toegenomen niveau van dehydratie. Elk niveau van fysieke activiteit is aangedaan in een gedehydrateerde toestand, dus zorg ervoor dat je voldoende gehydrateerd bent voordat je naar een ander kamp vertrekt, en vind een manier om regelmatig te drinken wanneer dat nodig is – gebruik een camelback hydratatie systeem in warme klimaten, of vul ’s nachts een fles met een warme drank en stop die in je slaapzak zodat de drank ’s morgen meteen gedronken kan worden.

Blootstelling aan hypoxie kan de hormoonbalans veranderen, het kan leiden tot een verplaatsing van vocht tussen de verschillende weefsel compartimenten in het lichaam, en het kan zelfs de hoeveelheid urine veranderen. Sommige studies suggereren dat als mensen worden blootgesteld aan acute hypoxie, degenen die in de eerste paar uur vocht vasthouden waarschijnlijk een grotere kans hebben om AMS te ontwikkelen (zie UIAA MedCom Standaard nr. 2 “Hoe te handelen bij AMS, HAPE en HACE”).

Mensen die AMS ontwikkelen zullen de energie- en de waterinname tegelijkertijd verminderen, onafhankelijk van ander gewichtsverlies dat optreedt door redenen die al eerder genoemd zijn. Bij AMS gaat het vasthouden van vocht samen met een verminderd verlies van de totale hoeveelheid water in het lichaam (met inbegrip van behoud van urine). In een studie werd in 4 dagen een significante toename van de totale hoeveelheid lichaamsvocht aangetoond (een verschuiving van tenminste 1 liter vocht van intracellulaire naar extracellulaire compartimenten). In een andere gecontroleerde studie waarbij 55 volwassenen voor 12 uur werden blootgesteld aan een hoogte van 4880 m, terwijl zij in rust verkeerden en niet actief waren, werd gevonden dat degenen die AMS symptomen ontwikkelden in de eerste paar uur meer vocht vast hielden dan degenen die geen AMS symptomen ontwikkelden. Veel rapporten hebben een directe associatie gevonden tussen vasthouden van vocht en AMS. In elk geval:

Zorg voor adequate acclimatisatie!

4.3. Micronutriënt deficiënties - (vitaminen en mineralen)

Een grondige analyse van alle *micronutriënten* – kleine voedselcomponenten die van groot belang zijn en bekend staan als vitaminen en mineralen – past niet in deze richtlijn. Om zeker te zijn van een voldoende inname van micronutriënten moet je een grote variëteit aan voedingsmiddelen eten, bij voorkeur ongeraffineerd, of met toegevoegde vitaminen en mineralen (granen, zaden). Mineraaldeficiënties die vooral worden aangetroffen bij atleten, en vooral bij vrouwelijke atleten en vegetariërs, zijn calcium, ijzer en zink. Dit is normaal te wijten aan het beperken van energie inname, het vermijden van dierlijke producten zoals vis, vlees, zuivelproducten of gevogelte, en het gebruik van bepaalde combinaties van voedingsmiddelen zodanig dat optimale opname van mineralen niet mogelijk is. IJzer bijvoorbeeld, wordt slecht opgenomen in combinatie met fytaten (zit in zemelen, producten met geraffineerd meel of rijst, sojabonen) of calcium (zit in zuivelproducten), maar het wordt goed opgenomen in de vorm van dierlijke heemproducten (vlees, vis) en als het gelijktijdig wordt gegeten met vitamine C.

4.4. Inzicht en berekenen van energie behoefte

Onder ideale omstandigheden:

$$\text{ENERGIE INNAME} = \text{ENERGIE VERBRUIK}$$

Tijdens bergsport, in het bijzonder op grote hoogte:

ENERGIE INNAME < ENERGIE VERBRUIK

(...vandaar het gewichtsverlies!)

Om inzicht te verkrijgen in, en te berekenen hoeveel energie je dagelijks nodig hebt, volgt nu een uitleg over hoe het energieverbruik verloopt op zeeniveau en op grote hoogte. De berekening in tabel 1 is gemakkelijk om te doen! Veel mensen zijn verbaasd als ze horen dat het grootste deel van de totale energie behoefte nodig is om ons lichaam te laten functioneren en om een stabiele lichaamstemperatuur te behouden, en dit kan een hele uitdaging zijn in een klimaat met warmere of koudere temperaturen.

Energie inname (EI) is de som van de calorische waarde (kcal, kJ, of MJ) van voedsel en dranken die je inneemt.

De energie inname wordt beïnvloed door leeftijd, geslacht, lichaamssamenstelling (% vet, % spier), grootte, gezondheid, genetische factoren, klimaat, BMR, en fysieke activiteit. Elke pound of 0,45 kg lichaamsgewicht is gelijk aan 3500 kcal. Dus een energietekort van 3500 kcal resulteert in een gewichtsverlies van 1 pound of 0,45 kg.
(NB: om kcal om te rekenen naar kJ moet je vermenigvuldigen met 4,18; om kcal om te rekenen naar MJ moet je vermenigvuldigen met 0.0042).

Energie verbruik (EV) is de energie die dagelijks verbruikt wordt door het lichaam voor 3 verschillende processen. (Tussen haakjes staat het percentage van de totale verbruikte energie die dagelijks voor het betreffende proces wordt gebruikt):

- Basal Metabolic Rate (BMR) (60-75%)
- Fysieke activiteit (20-35%)
- Energie die gebruikt wordt voor de spijsvertering (4-7%)

Deze processen zullen hieronder meer uitgediept worden omdat ze van belang zijn voor de voedselinname en – samenstelling op grote hoogte en bij blootstelling aan koude.

4.4.1 Basal Metabolic Rate (BMR)

BMR is de energiebehoefte van het lichaam om te kunnen functioneren zonder fysieke activiteit – energie voor slapen, het vernieuwen en repareren van cellen, het behouden van een stabiele lichaamstemperatuur, etc. de BMR is hoger op een dag na een dag waarop veel fysieke activiteit plaatsvond omdat het spierweefsel dan metabolisch erg actief is.

De BMR is normaalgesproken verantwoordelijk voor 60-75 % van het 24-uurs EV. Het kan nauwkeurig gemeten worden door een respiratoire gasuitwisseling analyse, waarbij de persoon plat ligt zonder dat hij/zij fysiek of mentaal actief is, in een warme omgeving, en tenminste 12 uur na het nuttigen van een maaltijd. Omdat dit voor de meeste mensen onmogelijk te bepalen is, kan er gemakkelijk een schatting worden gemaakt met behulp van de berekening in tabel 1. De BMR is hoger in mensen die lichamelijk actief zijn dan in mensen die niet actief zijn, omdat bij actieve mensen het spierweefsel metabolisch meer actief is. De lichaamssamenstelling is waarschijnlijk de meest belangrijke fysiologische determinant voor het vermogen om de lichaamstemperatuur te reguleren onder koude weersomstandigheden [6]. Het begrijpen en minimaliseren van de effecten van koude en koudeletsel is van belang voor de voedselinname en -samenstelling. Er zijn twee belangrijke fysiologische responsen op koud weer – a) door perifere vasoconstrictie wordt het warmte verlies beperkt en wordt energie bespaard en; b) fysieke activiteit, rillen, of beiden doen juist de warmteproductie toenemen, en vergoten dus de energie behoefte. In een extreem koude omgeving, kan de BMR in rust wel het vijfvoudige zijn vanwege rillen om proberen warm te blijven. In een tropisch klimaat is de BMR 5-20 % hoger, en nog eens 5 % hoger bij fysieke activiteit. Als je voor het eerst een nieuwe hoogte bereikt, neemt de BMR toe met 10-20 % of meer. Daarom hebben een extreem klimaat, lichaamssamenstelling, fysieke activiteit, hoogte, en gedragsmatige thermoregulatorische aanpassingen aan het weer (kleding, beschutting) een directe invloed op de BMR en de hoeveelheid energie die nodig is. En vergeet ook niet dat slecht weer een factor is die de energie behoefte vergroot.

4.4.2 Berekenen van energie behoefte en fysieke activiteit

Bij fysieke activiteit is meer energie inname nodig, welke afhangt van de hoeveelheid, soort, en intensiteit van de fysieke inspanning. Deze extra energie (kcal) moet worden opgeteld bij de BMR, de berekening staat hieronder.

Tabel 1. Formule voor het voorspellen van de BMR (Department of Health, UK 1991)

	Leeftijdscategorie (jaar)	Regressie formule voor de
--	---------------------------	---------------------------

		dagelijkse BMR (MJ/dag)
Mannen	10-17	$0,074(\text{kg})^* + 2,754$
	18-20	$0,063(\text{kg}) + 2,896$
	30-59	$0,048(\text{kg}) + 3,653$
	60-74	$0,0499(\text{kg}) + 2,930$
Vrouwen	10-17	$0,056(\text{kg}) + 3,434$
	18-20	$0,062(\text{kg}) + 2,036$
	30-59	$0,034(\text{kg}) + 3,538$
	60-74	$0,0386(\text{kg}) + 2,875$
		*(kg)=lichaamsgewicht in kg

Voorbeeld. Berekening van de BMR voor een man van 25 jaar met een gewicht van 70 kg:

$0,063(70\text{kg}) + 2,896 = 7,306 \text{ MJ/dag}$.

Om MJ om te rekenen naar kcal, moet je delen door 0,0042:

$7,306 / 0,0042 = 1740 \text{ kcal / dag}$

Deze 1740 kcal is de hoeveelheid energie die het lichaam gebruikt om te kunnen functioneren zonder fysieke activiteit of eten etc. Het is de basisfiguur (een EV waarde van 1,0) waarmee de hoeveelheid extra energie die nodig is om in de totale energiebehoefte te voorzien kan worden berekend.

De zogenaamde “fysieke activiteit index” is de meest variabele component van het EV. Het is een veelvoud van de BMR, en de waarde loopt uiteen van een absoluut minimum van 1,0 voor iemand die niet eet of beweegt, tot tussen 1,5 voor een zittend persoon, en tot 2,0 voor een actief persoon. Waarden boven 2,5 kunnen niet in evenwicht gehouden worden zonder speciale voedsel supplementen. Bij een expeditie naar de Everest werd een index gevonden van $2,2 \pm 0,3$, een waarde die in de buurt komt van een goedgetrainde duurtleet [2]. In een andere studie waarbij men boven de 6000 m kwam, werden hogere waarden gevonden van $3,0 \pm 0,7$ [2]. Bij deze studie was de EI minder dan het EV.

4.4.2 Dieet-geïnduceerd energie verbruik

Het dieet-geïnduceerde energie verbruik is normaalgesproken 10 % van het EV vanwege warmteverlies door de spijsverteringsprocessen. Echter, omdat veel mensen op grote hoogte een negatieve energiebalans hebben, en voedselmalabsorptie niet van betekenis is, is het warmte verlies door dieet-geïnduceerd energie verbruik (warmteverlies in de feces etc.) niet significant. Een aantal studies rapporteren een dieet-geïnduceerd energie verbruik van 4-7 % op grote hoogte.

4.5 Verdeling van macronutriënten – koolhydraten, vetten en eiwitten – op grote hoogte

Voedsel en dranken zijn eigenlijk een combinatie van macronutriënten (grote voedselgroepen) – koolhydraten, vetten en eiwitten (zie tabel 2). De plaats, snelheid en mate van vertering van koolhydraten is erg afhankelijk van de voedselbereiding, en deze factoren zijn van grote betekenis voor de gezondheid en het prestatievermogen. Vermijd geraffineerde koolhydraten met een laag micronutriënt gehalte; verrijkte granen en meel verdienen de voorkeur.

Observatie studies en andere studies laten zien dat als klimmers zelf hun voedsel kunnen kiezen op grote hoogte, er een groter percentage van de energie uit vetten komt. De veronderstelling dat men op grote hoogte een voorkeur heeft voor koolhydraatrijke voedingsmiddelen wordt niet in alle studies bevestigd. Echter, het grootste gedeelte van het dieet (55-65 %) zal altijd uit koolhydraten bestaan, omdat deze de belangrijkste brandstof vormen voor spieren, en bijdragen om een gebalanceerd dieet te bereiken.

Spieren hebben een beperkte voorraad koolhydraten – in de vorm van glycogeen – die constant moet worden aangevuld als de spieren aan het werk zijn. Getrainde spieren kunnen significant grotere hoeveelheden koolhydraten opslaan, waardoor ze meer efficiënt zijn. De hoeveelheid glycogeen bijvoorbeeld, die in 100 g spierweefsel kan worden opgeslagen, is 13 g als de spier ongetraind is, en 32 g in een getrainde spier; als getraind spierweefsel volledig vol zit met koolhydraten kan het 35-40 g glycogeen bevatten. Depletie van spier glycogeen is nauw gerelateerd aan spier vermoeidheid. Daarom zijn koolhydraat rijke snacks die je gemakkelijk in je zak kunt steken, of snel uit je rugzak kunt pakken als je op trekking bent of aan het klimmen bent, bij voorkeur erg geschikt als energiebron, en voor het onderhoud en zelfs de opbouw van spieren. Bovendien verklein je met dergelijke snacks het risico op maagproblemen of een opgeblazen gevoel als resultaat van het teveel eten van koolhydraten tijdens de maaltijd. Opmerking: puur glucose moet vermeden worden!

Het lichaam zou ook de voorkeur kunnen geven aan vetverbranding, afhankelijk van de intensiteit van de activiteit, geslacht, conditie etc. Vetten hebben meer water nodig voor de afbraak, en dat resulteert dus in een groter vochtverlies dat weer aangevuld moet worden. Het onderhouden of het vergroten van de spiermassa vereist een zorgvuldige balans van water-, koolhydraat- en eiwitopname op de juiste momenten.

Afbraak van spieren op grote hoogte kan het gevolg zijn van het eenvoudig niet voldoen aan de energiebehoefte – in de eerste plaats omdat er niet voldoende voedsel gegeten wordt en/of omdat de extra energie opname onvoldoende is om de toegenomen fysieke activiteit te compenseren. Er treden ook fysiologische aanpassingen op op grote hoogte, die mogelijk invloed hebben op wat en hoeveel je eet, en aan welk type brandstof je lichaam de voorkeur geeft als energiebron. Als de energie opname onvoldoende is om te voldoen aan de energie behoefte, dan wordt het eiwit in een maaltijd gebruikt als brandstof in plaats van dat het gebruikt wordt voor waardevolle eiwit-gerelateerde functies, zoals synthese en onderhoud van spierweefsel, en de vorming van hormonen en enzymen. Als eiwit gebruikt wordt als brandstof leidt dat mogelijk ook tot een groter verlies van water, wat het risico op dehydratie vergroot.

Op zeeniveau wordt aanbevolen om zo snel mogelijk na grote inspanning de glycogeen voorraad aan te vullen met een maaltijd, maar ook met snacks, waarin kleine hoeveelheden eiwitten voorkomen in combinatie met koolhydraten (als ook het aanvullen van vochtverlies). De hoeveelheid koolhydraten die moet worden opgenomen om de glycogeen voorraad weer aan te vullen is in de eerste 30 minuten 1,5 g/kg lichaamsgewicht, en daarna elke 2 uur dezelfde hoeveelheid gedurende 4 tot 6 uur. Deze aanbevelingen zijn mogelijk moeilijk op te volgen op grote hoogte, toch worden in tabel 2 meer aanbevelingen gedaan.

Om een soort referentie te hebben, volgt hier een voorbeeld dat geldig is op zeeniveau. De typische dagelijkse inname per kg lichaamsgewicht zijn voor een atleet: 6 tot 10 g koolhydraten per kg lichaamsgewicht, en 1,2 tot 1,4 g eiwitten per kg lichaamsgewicht (maar voor zeer zwaar trainende atleten 1,6 tot 1,7 g). Er is geen voordeel voor de gezondheid of prestatievermogen van een dieet met < 15 % vet, en aanbevelingen hiervoor lopen uiteen van 15-25 % afhankelijk van de soort sport [8].

Sommige studies tonen aan dat als klimmers zelf hun voedingsmiddelen kunnen kiezen, de verdeling van het percentage macronutriënten niet significant veranderde bij toenemende hoogte. Of de dagelijkse opname tijdens een expeditie naar de Everest nu constant 20 % vet / 65 % koolhydraten was, of 35 % vet / 50 % koolhydraten, er was geen verschil in het prestatievermogen van klimmers die de top van de Everest bereikten.

Tabel 2. Verdeling van macronutriënten (belangrijke voedsel groep) op grote hoogte

Macronutriënt / Energie bron	Hoeveelheid energie (kcal) per gram	Energie equivalent van zuurstof (kJ/l)	% van het dagelijks dieet op grote hoogte	Voorbeelden van voedingsmiddelen	Andere relevante opmerkingen
Koolhydraten (KH) (nodig voor het onderhoud van het bloed glucose gehalte, moet daarom vaak gegeten worden. Het is de belangrijkste brandstof voor gematigde tot zware inspanning)	4	21,1 Al het spierweefsel heeft KH reserves (glycogeen) voor intensieve activiteit die voortdurend vervangen moeten worden.	Rond 56 % (Studies laten een dagelijkse inname van 50-65 % zien) Opmerking: Overmatige inname van rond 70 % kan mogelijk maagproblemen veroorzaken en resulteert waarschijnlijk in een ongebalanceerd dieet omdat het de bio beschikbaarheid van andere vitaminen en mineralen kan verminderen	Rijst, pasta, noodles, granen, aardappels, crackers, brood, glucose polymeer dranken, gedroogde vruchten of vruchten in blik, chocolade, suiker	Belangrijkste energiebron voor fysieke activiteit omdat KH de beste brandstof voor spieren zijn. Heeft de hoogste energie opbrengst per mol zuurstof. Omdat het grootste percentage van het dieet uit KH bestaat, moet het niet geraffineerd zijn – meel en granen moeten bij voorkeur verrijkt zijn met vitaminen en mineralen. Eet voldoende koolhydraten voor/ tijdens/na zware inspanning die langer dan 1 uur duurt om het bloedsuikergehalte op peil te houden. Militaire studies op grote hoogte bevelen tenminste 400g KH per dag aan [6])
Vet (Zorgt voor essentiële vetoplosbare vitaminen; voedsel met een hoog energie gehalte, essentieel element van celmembranen)	9	19,6	Rond 28 % (Studies laten een dagelijkse inname van 20-35 % zien)	Bakolie, vloeibare margarine, ghee, voedsel in blik op olie, pindakaas, noten, olie van vis in blik	Meer energie (kcal) per gram dan KH. Heeft van alle macronutriënten de beste smaak – verbetert vaak de smaakbeleving / aangename textuur / grotere smakelijkheid. Op zeeniveau heeft een dieet met < 15 % geen voordeel voor de gezondheid of prestatievermogen. Probeer verzadigde vetten te vermijden, gebruik olie met mono-onverzadigde vetten
Eiwit (Als de inname van andere energiebronnen onvoldoende is, wordt eiwit gebruikt als energiebron – niet goed! Eiwit is nodig voor de opbouw en herstel van spier- en andere weefsels)	4	18,7	15 %	Kaas, worsten, biefstuk, vis in blik, eieren, pulvruchten, linzen	Meest verzadigend van alle macronutriënten. Er wordt aanbevolen om het dieet voor niet meer dan 15 % uit eiwit te laten bestaan vanwege het grote thermische effect.
Alcohol	7		0 %		Grote calorische waarde, en erg schadelijk voor sportieve activiteiten omdat het dehydrateert, een diureticum verzwakt het mentale en fysieke prestatievermogen. Het is ook een bloedvatverwijder en zorgt daarvoor voor toegenomen warmteverlies.

Referenties

1. Pugh, L/C.G.E., *Metabolic problems of high altitude operations*, in *Nutritional Requirements for Survival in the Cold and at Altitude*, L. Vaughn, Editor. 1965, Arctic Aeromedical Laboratory: Ft. Wainwright, AK, p. 299-342.
2. Westerterp, K.R., *Energy and water balance at high altitude*. News Physiol Sci, 2001. 16: p.134-7.
3. Boyer, S.J. and F.D. Blume, *Weight loss and changes in body composition at thigh altitude*. J. Appl Physiol, 1984. 57(5) p. 1580-5.
4. Reynolds, R.D., et al., *Intakes of high fat and high carbohydrate foods by humans increased with exposure to increasing altitude during an expedition to Mt. Everest*. J Nutr, 1998, 128(1): p. 50-5.
5. Braun, B., et al., *Women at altitude: carbohydrate utilization during exercise at 4,300 m*. J Appl physiol, 2000. 88(1): p. 246-56.
6. Marriott, B.M. and S.J. Carlson, *Nutritional needs in Cold and High-Altitude Environments: Applications for Military Personnel in Field Operations*, I.o.M. Committee on Military Nutrition Research, Editor. 1996, National Academic Press: Washington D.C.
7. Pugh, L.G., *Himalayan rations with special reference to the 1953 expedition to Mount Everest*. 1954. Wilderness Environ Med, 2004. 15(2): p. 125-34.
8. N.N., Joint Position Statement: nutrition and athletic performance. American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, and Dietitians of Canada. Med Sci Sports

Leden van de UIAA MedCom (in alfabetische volgorde)

C. Angelini (Italië), B. Basnyat (Nepal), J. Bogg (Zweden), A.R. Chioconi (argentinie), S. Ferrandis (Spanje), U. Gieseler (Duitsland), U. Hefti (Zwitserland), D. Hillebrandt (Groot Brittanië), J. Holmgren (Zweden), M. Horii (Japan), D. Jean (Frankrijk), A. Koukoutsis (Griekenland), J. Kubalova (Tsjechië), T. Kuepper (Duitsland), H. Meijer (Nederland), J. Milledge (Groot Brittanië), A. Morrison (Groot Brittanië), H. Mosaedian (Iran), S. Omori (Japan), I. Rotman (Tsjechië), V. Schoeffl (Duitsland), J. Shahbazi (Iran), J. Windsor (Groot Brittanië)

Historie van deze richtlijn

Deze versie is goedgekeurd tijdens de UIAA MedCom meeting in Adršpach – Zdoňov ? Tsjechië, in 2008. De versie is vertaald vanuit het Engels in het Nederlands door Mireille Baart in 2009.