



Fysiologie energie

www.rozenbergsport.nl

Robert Rozenberg © 20 januari 2015

Pagina 1 van 6

Inhoud		
Voedingsenergie Energieverbruik rust Fosfagenen Glycogeen/glucose Vetverbranding Eiwit verbranding Lactaat verwerking Substraatgebruik		
Voedingsenergie		
Atwater energie waarde	Voeding 1 gr KH = 4 kcal (4,03) = 17 KJ = 0,55 mol ~Pi (4,15 in vitro) 1 gr vet = 9 kcal (8,93) = 37 KJ = 1,22 mol ~Pi (9,40 in vitro), 1 kg lichaamsvet ≈ 7777 kcal (incl 14% water) 1 gr eiwit = 4 kcal (±4,6, afh van hoeveelheid N) = 17 KJ = 0,63 mol ~Pi (5,65 kcal in vitro, lichaam verbrandt N niet) 1 gr glycogeen = 4 kcal (4,19) 1 gr glucose = 3,74 kcal 1 gr ATP = 7,3 kcal/mmol(=0,507 g) als ATP → ADP (10,9 kcal/mmol(=0,507 g) als ATP → AMP) 1 gr PCr = 9,5 kcal/mmol(=0,211 g) als PCr → Cr	
rendement	Waarde 40%	
vetten	verbranding FA→(lipase)→glycerol+FFA, afbraak tot acetylCoA (β-oxidatie) dan in Krebs, in vetcel + spier Lichaam ook water in vetweefsel, slechts 86% vet 1 kg lichaamsvet ≈ 7777 kcal (incl 14% water) 0,9 kg ≈ 7000 kcal 300-400 IMTG	
vezels	Voordeel Veel vezels = minder vet en KH geabsorbeerd in de darm (tgv snellere doorstroom)	
Energieverbruik rust		
BMR = BEE	Definitie = basal metabolic rate = basal energy expenditure energie verbruik in rust, na > 12 uur geen voeding, > 4 uur geen activiteit gehad, 12 uur geen cafeïne/nicotine correleert er goed met gewicht en oppervlakte waarde 190 – 260 mL O ₂ /min = 0,8 -1,43 kcal/min ≈ 75% van totale dagelijkse energie behoefte beetje lager bij vrouwen (want hoger in vetweefsel), daalt met ouder worden 5% hoger in de namiddag dan 's ochtends ≈ 1500-1750 kcal/24u weefsel lever 30%, CZS 20%, spier 20%, nier 10%, hart 10% voorspeld (Harris-Benedict) man = 66+(13,75xgewicht=kg)+(5xlengte=cm)-(6,76xleeftijd=jaar) vrouw = 655+(9,56xgewicht)+(1,85xlengte)-(4,68xleeftijd)	
BSA	Definitie = body surface area BSA = H ^{0,725} x W ^{0,425} x 71.84 H= hoogte in cm, W = gewicht in kg	
Kcal dagelijks	Man 19-50 actief: 2900-3000 kcal inactief: 2700 (35 kcal/kg) Vrouw 19-50 2000-2200 kcal Triatleet man 3500 kcal, 4800 op dag triathlon Triatleet vrouw 2750 kcal Houthakkers / zwaar bouw werk 4500 kcal Tour de France renner Tot 9000 Kcal/dg in bergetappes, gemiddeld 6500 kcal/dg Ultralange afstandslopers tot 13000 kcal/dg gemeten	
PAL	Definitie = totaal dagelijks energieverbruik / basaal rust metabolisme Waarden <1,4 zeer sedentair 1,4-1,7 sedentair 1,7 normaal 1,7-2,0 bouwvakker/1 uur per dag hardlopen 2,0-2,5 zeer actief >2,5 prof wielrenner	
DIT	Definitie = diet induced thermogenesis warmte die ontstaat na voeding: 1) direct door vertering en absorbtie 2) indirect door activering van het sympatisch systeem stimulus • proteïne duur max na 1 uur, na 5 uur verwaarloosbaar (>90% van het thermisch effect voorbij na een grote maaltijd) na kleine maaltijd na 3 uur 90% van het thermisch effect voorbij	



Fysiologie energie

www.rozenbergsport.nl
 Robert Rozenberg © 20 januari 2015
 Pagina 2 van 6

	<p>waarde 10-30% van de voedsel inname (bv veel bij proteïne) minder bij obesitas en duuratleten sporten na (30 min) voeding → DIT versterkt, meer warmte</p>	
MET	Zie Ergometrie arbeid	
obesitas	<p>VO₂ in rust nagenoeg geen toename in VO₂ bij inspanning neemt 1 kg vet 5 ml VO₂ Vooral de FFM bepaalt het metabolisme</p>	
RMR = RDEE	<p>Definitie = resting metabolic rate = resting daily energy expenditure energie verbruik in rust, na > 3 uur geen voeding, > 4 uur geen activiteit gehad, >4 uur geen cafeïne/nicotine</p> <p>RDEE = 370 + (21,6 x Kg) Muffin formule For men: (10 x kg) + (6.25 x cm) - (5 x a) + 5 For women: (10 x kg) + (6.25 x cm) - (5 x age) - 161</p> <p>Kg= gewicht in kg, RDEE is in kcal/dg (3,941 x VO₂) + (1,106 x VCO₂) = kcal/min (Weir formule, gassen in L/min)</p> <p>Waarde iets meer dan BMR (60 -75% van TDEE), zie aldaar</p> <p>Vrouw RMR lager in de folliculaire fase dan in de luteale fase</p>	
TDEE	<p>Definitie = total daily energy expenditure = BMR (60-75%) + vertering (10%) + inspanning (15-30%) sedentair = 1,2*BMR zwaar actief = 2*BMR</p>	
temperatuur	<p>Warmte 5% meer O₂ verbruik</p> <p>Koude tot 5x de rust metabolisatie</p>	
zwangerschap	Lichte toename, bij inspanning vooral tgv extra gewicht bij gewichtsdragende activiteiten	
Fosfagenen		
Creatine-fosfaat	<p>Definitie fosfo-creatine (PCr) regeneert ATP (PCr heeft meer vrije energie)</p> <p>Nut tweede onmiddellijk beschikbare E-bron</p> <p>Mechanisme ATP + Cr → (CK=creatine kinase) → PCr + ADP (er is 3x meer PCr dan ATP in spier)</p> <p>O₂ nood geen</p> <p>Duur zie Fysiologie energie</p> <p>Lokatie alle weefsel, veel in weefsel dat veel ATP gebruikt (spier)</p>	
CK	<p>Definitie creatinekinase = CPK = creatine phosphokinase = phosphocreatine kinase zie Labo</p> <p>Functie zie creatine fosfaat</p> <p>Indeling CK bestaat uit 2 subunits: B (brain) en M (muscle) CK-MM: spier 98%, hart 70% CK-MB: spier 2%, hart 30% CK-BB: hersenen (nagenoeg niets in bloed)</p>	
fosfageen	= creatine fosfaat	
ATP	<p>Zie Metabolisme respiratoire keten 7,3 kcal/mol ATP Voorraad: ±900-1300 kcal (80-120 gram), 1-3 sec Snelheid: ±10-20 kcal/sec Locatie: cytosol</p>	<p>Energy is released when ATP is hydrolyzed.</p> <p>Figure 9-2b Biological Science, 2/e © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.</p>
Glycogeen/glucose		
mitochondrion	Zie Biologie dierkunde	
“man met de hamer”	<p>Definitie</p> <ul style="list-style-type: none"> • spierglycogeen op • leverglycogeen of plasmagluucose kan nog op peil zijn, eten heeft weinig zin, vult het spierglycogeen niet aan 	
“hongerklop”	<p>Definitie</p> <ul style="list-style-type: none"> • plasmagluucose laag (hypoglycemie) • spierglycogeen hoeft niet op te zijn, plasmagluucose wordt niet gebruikt in de spier bij intensieve inspanning, eten heeft dus wel effect op moeheid maar niet op prestatie 	
Aerobe glycolyse	<p>Werking zie Biochemie</p> <p>Duur 2-90 min vanaf 5 min enkel aerobe glycolyse en vetverbranding</p> <p>Snelheid trager dan anaeroob, maar sneller dan plasma glucose of plasma FFA</p> <p>Training</p> <ul style="list-style-type: none"> • glycogeen ↑ 	



	<ul style="list-style-type: none"> enzymen ↑ mitochondriën ↑ (grootte en aantal) 	
Glucose in plasma	<p>Oorsprong</p> <ul style="list-style-type: none"> vanuit lever glycogeen vanuit voeding <p>Regeling</p> <ul style="list-style-type: none"> stimulatie door KH inname (snel effect) geremd door vet inname (pas na een paar dagen effect) <p>Duur</p> <ul style="list-style-type: none"> onbeperkt als je blijft eten, indien nuchter dan vanuit leverglycogeen gevormd meest effectief bij intensiteit 55-75% (eronder enkel vet, erboven enkel spier glycogeen) bij duur van 1-3 uur 5% van energie productie, >3 uur slechts 1-2% bij lage intensiteit inspanning (bv wandelen) en veel glucose eten tijdens inspanning kan plasmagluose tot voor 90% van de totale energievoorziening instaan, ook bij glucose inname tijdens voetbal: tot 30% glycogeen besparing <p>Snelheid</p> <p>zie schema Substraatgebruik</p> <ul style="list-style-type: none"> langzaam, moet eerst door de spier worden opgenomen max glucose oxidatie is 1 gr/min (iets sneller met glucose infuus) <p>Training</p> <ul style="list-style-type: none"> getrainde personen gebruiken minder plasmagluose dan ongetrainden <p>Voorraad</p> <p>zie schema Substraatgebruik</p>	
Glycogeen in de lever	<p>Zie plasma glucose</p> <p>Duur</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 uur intense inspanning = 55% leverglycogeen depletie 2 uur intense inspanning = 100% leverglycogeen depletie <p>Herstel</p> <p>zie glycogeen synthese</p> <p>Ontstaan</p> <ul style="list-style-type: none"> lipogenese in de lever: 10-25% (hoger bij leververvetting) vanuit vetweefsel: 60% voeding: 15% <p>Voorraad</p> <p>zie schema Substraatgebruik</p> <ul style="list-style-type: none"> 550 mmol glycosyl (glucose units in glycogeen)/kg lever (lever is gemiddeld 1,8 kg) 1000 mmol na 3 dagen hoge KH inname 200 mmol na 1 nacht 	
Glycogeen in spier	<p>Werking</p> <p>zie Biochemie: glycogeen → glucose</p> <p>O₂ nood</p> <p>ja</p> <p>Intensiteit</p> <p>70-100% VO₂max, vanaf 60% komt de meeste energie van spierglycogeen</p> <p>Herstel</p> <p>zie glycogeen synthese</p> <p>Regeling</p> <ul style="list-style-type: none"> stimulatie door KH inname (snel effect) geremd door vet inname (pas na een paar dagen effect) <p>Voorraad</p> <p>zie schema Substraatgebruik</p> <ul style="list-style-type: none"> gemiddeld 1,7 gr glycogeen/100 gr spier 350-900 gr totaal spierglycogeen (zonder water) = 60-150 mmol glycosyl (glucose units in glycogeen)/kg spier (nat) = max 500-900 mmol/kg (ongetraind = 350) voor droog spierweefsel <25 mmol in type I vezels na fietsen tot uitputting (spier glycogeen daalt niet na 1 nacht, leverglycogeen wel) 2,7 gr water / 1 gr glycogeen na een glycogeen depletie stapelen de actieve spieren veel meer glycogeen op dan voor inspanning (supercompensatie) afhankelijk van de hoeveelheid spier <p>Snelheid verbranding</p> <ul style="list-style-type: none"> aerobe glycolyse: 60-90 minuten Anaerobe glycolyse: 2-3 minuten (volle sprint, kan dus niet in 1x achter elkaar) <p>Glycogeen loading</p> <p>zie Voeding sport</p> <p>Training</p> <ul style="list-style-type: none"> getrainde personen gebruiken minder plasmagluose dan ongetrainden 	
Regeling	Inspanning = glycogeen fosforylase stimulatie Rust = glycogeen synthase stimulatie (via adrenaline)	
Vetverbranding		
FFA in plasma	<p>Oorsprong</p> <ul style="list-style-type: none"> vanuit vetcellen vanuit voeding <p>Vervoer</p> <ul style="list-style-type: none"> gebonden aan albumine via FAT/CD36 in spiercel via CPT-1 in mitochondrium (zie Biochemie) <p>Zie vetverbranding</p> <p>Inspanning</p> <ul style="list-style-type: none"> FFA's in plasma dalen snel de eerste 15 min omdat de spieren meer FFA's opnemen dan er lipolyse in het subcutane vetweefsel kan optreden 	
FFA in spier = IMT(A)G	<p>Definitie</p> <ul style="list-style-type: none"> = intra-muscular tri-glyceriden (vet druppeltjes in spier) = intramuscular triacylglycerol = IMCL = intra-myo-cellulaire lipiden <p>Soorten</p> <ul style="list-style-type: none"> in de spiercellen = MCTG (myocellulaire TG), meer bij vrouwen, gebruiken dit ook meer tussen de spiercellen <p>Training</p>	



	<p>IMTG voorraad neemt toe</p> <p>Opbouw aangevuld vanuit plasma FFA</p> <p>Snelheid</p> <ul style="list-style-type: none"> • snel op gang, vanaf het begin van de inspanning, na 30-45 minuten neemt de IMTG verbranding af en neemt de plasma FFA en de VLDL-TG verbranding het over <p>Voorraad</p> <ul style="list-style-type: none"> • 300-400 gr in totaal • wordt net als glycogeen na de training aangevuld • meer bij atleten (turn-over ↑ en dichter bij mitochondriën) en meer bij DM2 (turn-over ↓ en dichter bij sarcolemma) <p>Regeling</p> <ul style="list-style-type: none"> • met een dieet laag in vet daalt de vetverbranding met ongeveer 25%, vooral door verminderde IMTG verbranding • hoog FFA verbranding remt IMTG verbranding <p>DM zie Endocrino DM</p>	
Man vs vrouw	<p>Verschil goed getrainde vrouw gebruikt meer vet dan man</p> <p>Glycogeen stapelen vrouwen reageren nagenoeg niet op een stapelingsdieet (zie Voeding algemeen)</p>	
HSL = hormoon sensitief lipase	<p>Functie lipolyse</p> <p>Stimulus</p> <ul style="list-style-type: none"> • inspanning → + catecholamines (adrenaline) → + HSL → subcutane vetafbraak • GH → + HSL 	
Vetverbranding	<p>Zie Biochemie</p> <p>O₂ nood nee</p> <p>Regeling</p> <ul style="list-style-type: none"> • zie HSL • geremd door KH inname (snel en krachtig zeker voor inspanning) 50 gr KH 3 uur voor de inspanning doet de vetverbranding al met 30% dalen • gestimuleerd door lage glycogeen voorraad • gestimuleerd door vetinname (duurt een paar dagen) • geremd door afvallen: LPL act↓, gevoeligheid voor catecholamines daalt • daalt in kou <p>Intensiteit 1-85% VO₂max (meest efficiënt op 65%) afhankelijk van voeding vooraf, getraindheid en geslacht</p> <p>Soorten</p> <ul style="list-style-type: none"> • plasma FFA (vanuit voeding of vetweefsel) • IMTG (intra-musculaire TG): 50% van de vetoxidatie • VLDL-TG (vanuit lever) <p>Duur</p> <ul style="list-style-type: none"> • ongelimiteerd (afh vetvoorraad) • IMTG verbranding vanaf het begin van de inspanning op gang, neemt af na 30-45 min • plasma FFA en VLDL-TG pas na 30-60 min goed op gang • 1 kg vet = 7000 kcal <p>Snelheid 2 x zo traag als aerobe verbranding (snelheid is afhankelijk van getraindheid)</p> <ul style="list-style-type: none"> • normaal 0,2 – 0,5 gr/min • na lange duurinspanning (>6 uur) tot 1,5 gr/min • afh van mitochondriale densiteit <p>Training</p> <ul style="list-style-type: none"> • enzymen ↑ • mitochondriën ↑ • percentage vetverbranding stijgt (vooral IMTG), en spaart dus glycogeen, na inspanning lijkt rustmetabolisme wel te stijgen, met ook stijging van vetoxidatie van FFA uit plasma 	
Eiwit verbranding		
eiwitverbranding	<p>Kwantitatief</p> <ul style="list-style-type: none"> • in rust <1% • zelfs bij extreem vasten <10% 	
Lactaat verwerking		
Lactaat naar glycogeen	<p>Lokalisatie lever 80% nier/spier 20%</p>	
Lactaat oxidatie	<p>Lokalisatie hartspier, skeletspier hersenen lever nier</p>	
Substraatgebruik		
Factoren substraat gebruik	<p>Inspanning</p> <ul style="list-style-type: none"> • intensiteit • tijd (aerobe glycolyse kost 1-3 min om op gang te komen, vetverbranding kost 30 min) <p>Dieet</p> <ul style="list-style-type: none"> • veel glucose/eiwit eten → veel glucose/eiwit verbranding • veel vet eten → pas na dagen neemt de vetoxidatie langzaam toe <p>Obesitas chronisch verhoogde vetoxidatie</p> <p>Kinderen</p> <ul style="list-style-type: none"> • meer aerobe en minder anaerobe enzymen • het aantal type I vezels daalt met ouder worden <p>Substraat voorraad</p>	



Fysiologie energie

www.rozenbergsport.nl

Robert Rozenberg © 20 januari 2015

Pagina 5 van 6

	glycogeen depletie → verhoogde vet en evt. eiwit oxidatie								
	Getraindheid substraat gebruik is erg afhankelijk van getraindheid, een getraind persoon gebruikt meer vet en minder glycogeen (aeroob of anaeroob), zie Duursport fysiologie								
Indeling (persoon van 70 kg)	Energiesysteem ATP (alactisch) PCr (alactisch) anaerobe glycolyse (lactisch) aeroob spierglycogeen aeroob plasma glucose aeroob leverglycogeen aeroob plasma vet aeroob vetweefsel IMTG	Duur 1-3 sec 5-10 sec 1-3 min 1-1,5 uur 5-10 min 1 uur 5-10 min Dagen 1-2 uur	VO₂max >100% >100% 85-100% 65-85% 0-65% 0-65% 0-65% 0-65%	Voorraad 80-120 gr 175-200 gr 350-750 gr 350-750 gr 15 gr 100-120 gr 5 gr >7.000 gr 300 gr	Voorraad 900-1300 kcal 1500-2000 kcal 1500-3000 kcal 1500-3000 kcal 60 kcal 400-500 kcal 45 kcal >63.000 kcal 2.700 kcal	Snelheid 36.000-72.000 kcal/uur 4000-8000 kcal/uur 2000-2500 kcal/uur 1000-1300 kcal/uur 400-450 kcal/uur 400-450 kcal/uur 500-600 kcal/uur 500-600 kcal/uur 500-600 kcal/uur	Herstel 1-5 sec 30 sec 48-72 uur 48-72 uur 10 min 12uur 3 uur 12 uur 3 uur	Locatie Cytosol Cytosol Cytosol Mitochondria Mitochondria Mitochondria Mitochondria Mitochondria Mitochondria	mmol ATP/s. dry muscle 6(typel)-12(typell) 5 2,5 1 1 1,25 1,25 1
Korte afstand = korte duur Anaeroob lactisch	Energie ATP, PCr, maar vooral anaerobe glycolyse (vanuit glycogeen) dus constant boven lactaat drempel Duur 1-3 min (2 min = 50% aeroob, 50% anaeroob) Bv 1 km lopen, 200 m zwemmen								
Lange afstand = lange duur = intensief aeroob	Energie aeroob (glycogeen) + verbranding Duur 1-90 min glycogeen (op 2 min 50% aëroob, 50% anaëroob)								
Max duur obv VO ₂ max	% VO₂max kracht sprint 110% 100% 95% 90% 85% 80% 75% 70% 65% 60% 55%	Fietsen 1 sec 10 sec 4 min 8 min 20 min 120-130 min 2-3 uur 3-4 uur	Lopen 1 sec 10 sec 2 min 5 min 70-80 min 1,5-2 uur						
Snelheid substraat	Vetverbranding 0,2 – 0,5 gr/min, na 6 uur duurinspanning tot 1,5 gr/min Plasmagluucose / lever glycogeen max 1 gr/min								
Sprint = onmiddellijk = anaeroob alactisch	Energie van ATP en PCr Duur 1-30 sec, tot ± 6 sec max, totale duur afh van intensiteit inspanning een pure alactische fase bestaat niet, er wordt ook altijd vanaf het begin lactaat gevormd (het duur wel 30 seconden voordat dit in het bloed verschijnt) Bv 100 m sprint (<10 sec), alle balspelen, gewichtheffen								
Ultralange afstand = extensief aeroob	Energie vetverbranding Duur 30 min – uren (>90 min is zeker vetverbranding) de bedoeling is in principe op vetverbranding te lopen/fietsen en zo nu en dan even te versnellen op glycogeen ipv in de eerste 90 min al het glycogeen te gebruiken								
Verdeling substraat gebruik obv intensiteit nuchter (>3 uur geen KH voor de inspanning)	% VO₂max	ATP/CrP	Anaeroob	spierglycogeen	Leverglycogeen/ plasmagluucose	Vet			
	kracht	100%	-	-	-	0%			
	sprint	50%	50%	-	-	0%			
	100%	12,5%	62,5%	25%	-	0%			
	95%	6%	50%	44%	-	0%			
	90%	3%	25%	72%	-	0%			
	85%	-	5%	95%	-	5%			
	80%	-	2%	86%	2%	10%			
	75%	-	-	75%	5%	20%			
	70%	-	-	55%	5%	40%			
	65%	-	-	35%	5%	60%			
	60%	-	-	22%	3%	75%			
	55%	-	-	10%	2%	88%			
	45%	-	-	-	-	-			
Verdeling substraat gebruik obv duur	Duur	ATP/CrP	Anaeroob	spierglycogeen	Leverglycogeen/ plasmagluucose	Vet			
	1 sec	100%	0%	0%	0%	0%			
	10 sec	50%	50%	0%	0%	0%			
	30 sec	25%	65%	10%	0%	0%			
	1 min	12,5%	62,5%	25%	0%	0%			
	2 min	6%	50%	44%	0%	0%			
	5 min	0%	25%	75%	0%	0%			
	30 min	0%	5%	95%	0%	0%			
	1 uur	0%	1%	99%	0%	0%			
	2 uur	0%	0%	75%	5%	20%			
	5 uur	0%	0%	35%	5%	60%			



Fysiologie energie

www.rozenbergsport.nl

Robert Rozenberg © 20 januari 2015

Pagina 6 van 6

	24 uur	0%	0%	10%	2%	88%	
	voetbal	10%	70%	20%	0%	0%	
Vermogen	Definitie $P = (Fx D) / T$ P= power, F= kracht of gewicht, D= afstand (als gewicht dan enkel tegen zwaartekracht in), T= tijd Eenheid watt, 1 watt = 0,01433 kcal/min = 0,0013 hp = 6,12 kg.m/min						