

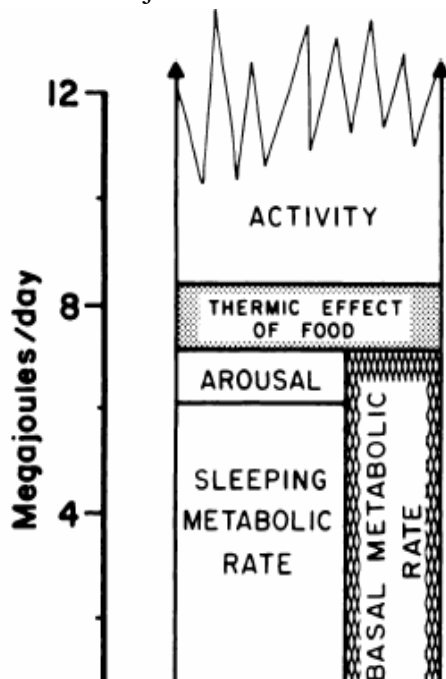
## Voorbeeldvragen Geneeskunde, decentrale selectie

**LET OP: ONDERSTAANDE VRAGEN ZIJN VOORBEELDVRAGEN UIT TOETSEN VAN VOORGAANDE JAREN. DE TOETS IS IEDER JAAR ANDERS. AAN ONDERSTAANDE VRAGEN KUNNEN GEEN RECHTEN WORDEN ONTLEEND!**

### Energiemetabolisme

De natuurkunde leert ons dat om de temperatuur van 1 gram water 1 graad Celsius op te hogen er 4,2 joules (1 calorie) aan energie aan die ene gram water moet worden toegevoegd.

Het menselijke lichaam heeft ook energie nodig, zoals getoond in Fig. 3. Met een deel van



Figuur 3. Energiebehoefte in MJ/dag. Een MJ (megajoules) is  $10^6$  J. Het energieverbruik van de slapende mens ("sleeping metabolic rate") en de wakende, inactieve doch nuchtere ("basal metabolic rate") mens is aangegeven. Het effect van voedsel eten ("thermic effect of food") en fysieke en mentale activiteit ("activity") op de energiebehoefte is eveneens uitgedrukt.

de energie wordt de lichaamstemperatuur gehandhaafd. De hoeveelheid energie die een individu per etmaal nodig heeft varieert met leeftijd, geslacht en uiteraard het patroon van mentale en fysieke inspanning (Fig. 3). Zo heeft een sportende jonge mannelijke atleet per etmaal aanzienlijk meer energie nodig dan een bejaarde grootmoeder die de hele dag tot de leunstoel aan het raam is veroordeeld. In haar voorlichting aan de burgers hanteert de overheid een gemiddelde waarde van ca. 10,5 MJ/dag (2500 kcal/dag) voor volwassen, gemiddeld actieve mannen, en ca. 8,4 MJ/dag (2000 kcal/dag) voor volwassen, gemiddeld actieve vrouwen.

Het metabolisme dat leidt tot de vrijmaking van energie uit voedingsstoffen heeft geen ideale efficiëntie. Tijdens de diverse stappen van de chemische omzettingen gaat energie in de vorm van warmte verloren. Het is die warmte die mede het lichaam op temperatuur houdt.

1. Als de energieinname via het voedsel het energieverbruik overtreft dan heeft dat tot gevolg dat het in het lichaam aanwezige energieoverschot wordt
  - a. omgezet in warmte
  - b. opgeslagen in de vorm van vet
  - c. afgevoerd met de faeces (ontlasting)
  - d. benut voor een hogere lichaamstemperatuur

2. Wat is de verklaring voor de bijdrage van het “thermische effect van voedsel” (Fig. 3) op de dagelijkse energiebehoefte? Het thermische effect van voedsel
- is de energiebehoefte die voortvloeit uit de fysieke inspanning van het verzamelen, bereiden en nuttigen van voedsel
  - is de toename van de lichaamstemperatuur veroorzaakt door het eten van voedsel dat meer dan 37 °C warm is
  - wordt veroorzaakt doordat vertering, opname en de chemische bewerking van opgenomen voedsel energie vergen
  - alle bovengenoemde oorzaken zijn juist

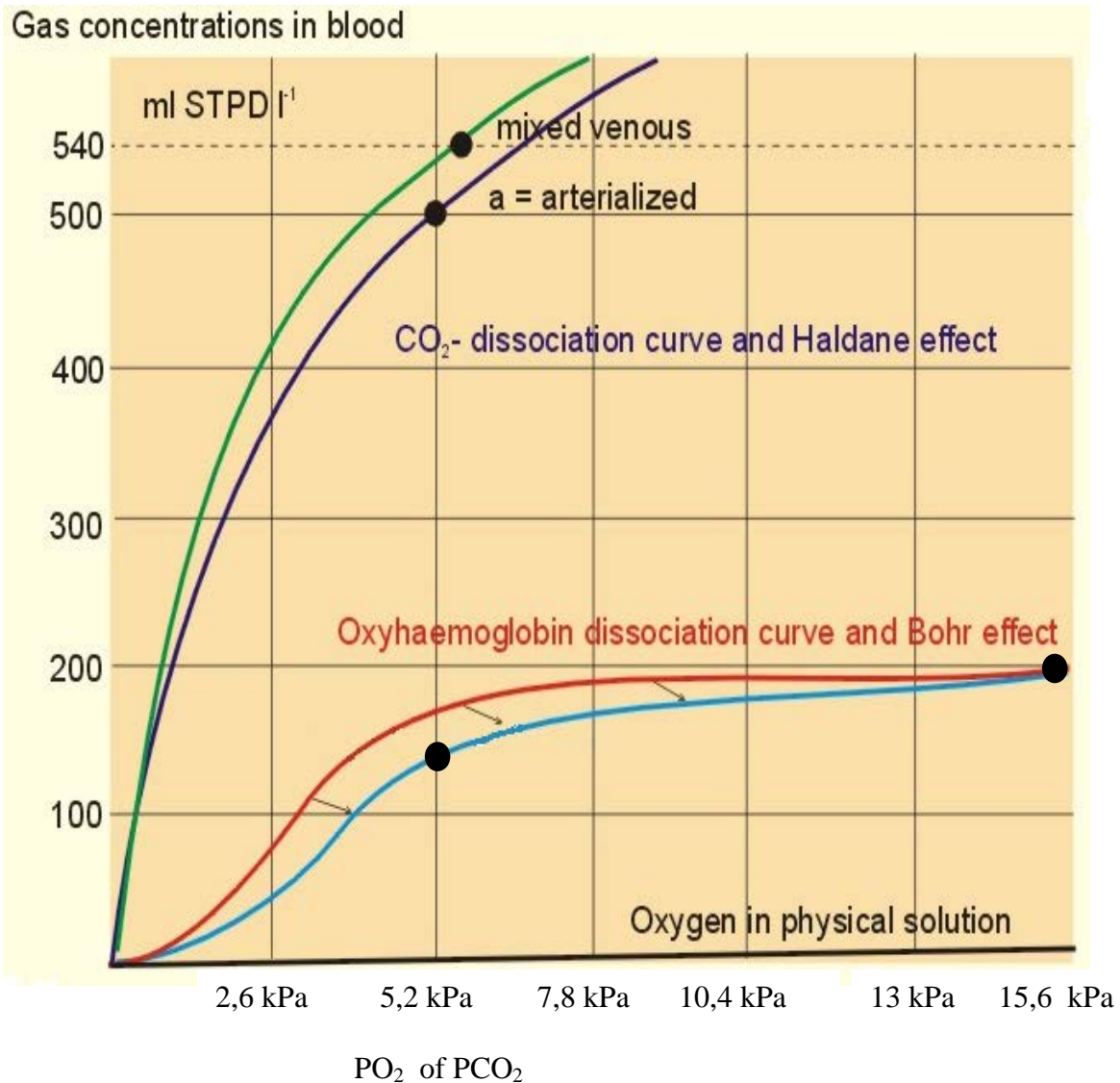
Een gezonde 45-jarige man van 80 kg besluit om een ‘balansdag’ te houden. Hiertoe bezoekt hij een sportschool. De man kiest er voor om een fietsergometer te gebruiken. Dit is een sterk op een fiets gelijkend apparaat waarmee met de bovenbenen een fietsinspanning wordt geleverd. De weerstand die de trappers bieden kan door de gebruiker zelf worden ingesteld. De man stelt de fietsergometer zodanig in dat gedurende 15 min een constant vermogen van 200 W geleverd moet worden.

3. Na 15 min de gevraagde inspanning te hebben geleverd komt op het display van de fietsergometer te staan dat 720 kJ is verbruikt. Dat vindt de man aangenaam verrassend. Want tijdens de inspanning had hij juist uitgerekend dat hij 180 kJ zou ‘verbranden’ (15 min  $\times$  60 s/min  $\times$  200 J/s). Waardoor wordt het verschil verklaard?
- de man heeft geen rekening gehouden met het feit dat zijn spieren maar een 25% rendement hebben
  - de man heeft geen rekening gehouden met de temperatuur en vochtigheidsgraad van de lucht in de sportschool
  - de berekening van de fietsergometer geldt alleen voor goed getrainde gebruikers
  - de fietsergometer overschat de verbrande hoeveelheid kJ om mensen te motiveren

### **Longen en Milieu Intérieur**

Naast de nieren spelen de longen een belangrijke rol bij het constant houden van de samenstelling van het Milieu Intérieur. De longen verwijderen namelijk uit het bloed het vervuilende CO<sub>2</sub> gas, terwijl ze het bloed tegelijkertijd verrijken met O<sub>2</sub>. Ventilatie is de verversing van de longenlucht. Ruwweg bestaat op zeeniveau de buitenlucht voor 80% uit N<sub>2</sub> moleculen en voor 20% uit O<sub>2</sub> moleculen. In het longengas is die verhouding anders. Daar wordt het N<sub>2</sub> gebalanceerd door 15% O<sub>2</sub> en 5% CO<sub>2</sub>. In werkelijkheid liggen deze getallen ietsje anders omdat ook watermoleculen aanwezig zijn in het longengas, maar als eerste benadering voldoen zij goed. Bij de dichtheid van de gasmoleculen op zeeniveau hoort een atmosferische druk van afgerond 100 kPa (760 mm Hg, 1 bar). In essentie wordt die druk veroorzaakt door de thermische beweging van de gasmoleculen. 80% van deze moleculen is N<sub>2</sub> zodat 80 kPa van de 100 kPa aan N<sub>2</sub> moleculen te wijten is. We spreken dan van een partiële N<sub>2</sub> druk, symbolisch aangeduid met PN<sub>2</sub> (soms ook wel als pN<sub>2</sub> genoteerd),

van 80 kPa. In de longen heerst gemiddeld genomen ook een atmosferische druk, zodat in het longengas de  $PO_2$  dicht ligt bij 15 kPa, en de  $PCO_2$  dicht ligt bij 5 kPa.



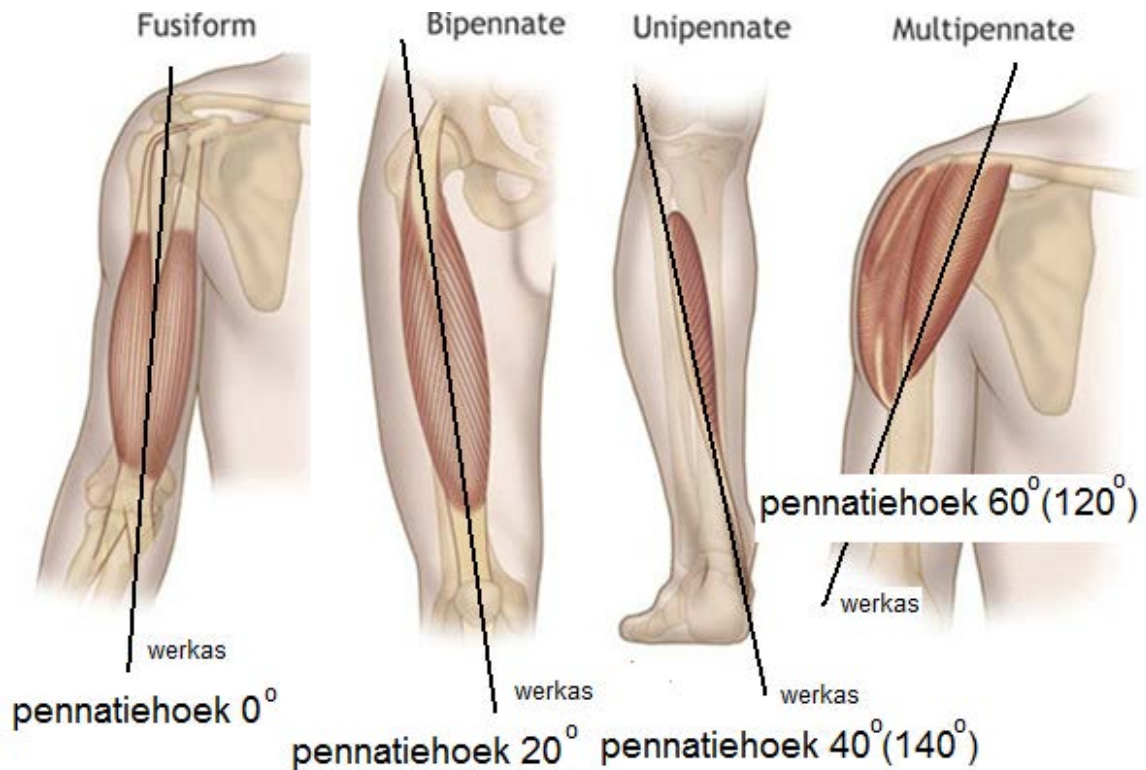
Figuur 4. Gasconcentraties in aderlijk en slagaderlijk bloed als functie van de heersende partiële gasdrukken. De gasconcentratie is uitgedrukt in milliliters (ml) gas per liter bloed (l<sup>-1</sup>). Het gasvolume wordt uitgedrukt alsof het gas zich bevond bij een standaard temperatuur van 0°C, bij een standaarddruk van 101,3 kPa (760 mmHg) en in de totale afwezigheid van waterdamp (STPD = standard temperature, pressure, dry). Mits onder dezelfde omstandigheden vergeleken, bevindt zich in 1 milliliter CO<sub>2</sub> gas exact dezelfde hoeveelheid moleculen als in 1 milliliter O<sub>2</sub> gas. Het O<sub>2</sub> dat vrij (en dus niet gebonden aan hemoglobine) oplost in het bloedplasma als functie van de heersende partiële gasdrukken is eveneens getoond (curve gelabeld met 'Oxygen in physical solution'). De groene en donkerblauwe curve zijn de relatie tussen de CO<sub>2</sub> concentratie in, resp., aderlijk ('mixed venous') en slagaderlijk ('arterialized') bloed als functie van de heersende PCO<sub>2</sub>. De rode en lichtblauwe curve zijn de relatie tussen de O<sub>2</sub> concentraties in, resp., slagaderlijk en aderlijk bloed als functie van de heersende PO<sub>2</sub>. Zie tekst voor verdere details.

Als bloed door de longcapillairen stroomt dan vindt er uitwisseling van gassen plaats. Die uitwisseling verloopt bij gezonde mensen perfect. Per definitie wordt de partiële gasdruk in het veneuze longenbloed gelijk aan de partiële gasdruk in het longengas. De afspraak luidt dus dat gesproken mag worden van een slagaderlijke  $PO_2$  van 15 kPa, en een slagaderlijke  $PCO_2$  van 5,2 kPa. In de weefsels is de  $PO_2$  van het bloed gedaald naar 5,2 kPa en de  $PCO_2$  juist gestegen naar 5,9 kPa. Die typische partiële gasdrukken in de aders en slagaders van een gezond mens in rust zijn gemarkeerd met zwarte stippen in Fig. 4. Te zien is dat slagaderlijk bloed per liter 500 mL  $CO_2$  bevat, en aderlijk bloed 540 mL. Voor  $O_2$  zijn die waarden respectievelijk 190 mL en 140 mL.

4. Om de weefsels van een mens in rust toch van voldoende zuurstof te voorzien zou het hartminuutvolume ('cardiac output') in de totale afwezigheid van hemoglobine moeten toenemen. De grootte van die toename ligt het dichtste bij
  - a.  $0,5 \times$
  - b.  $5 \times$
  - c.  $50 \times$
  - d.  $500 \times$
  
5. Als het veneuze bloed via de longslagader juist bij de longblaasjes aankomt is er een verschil in partiële druk tussen het bloed en longengas. Dat verschil is voor
  - a.  $CO_2$  groter dan voor  $O_2$
  - b.  $CO_2$  en  $O_2$  gelijk
  - c.  $CO_2$  kleiner dan voor  $O_2$

### **Biomechanica**

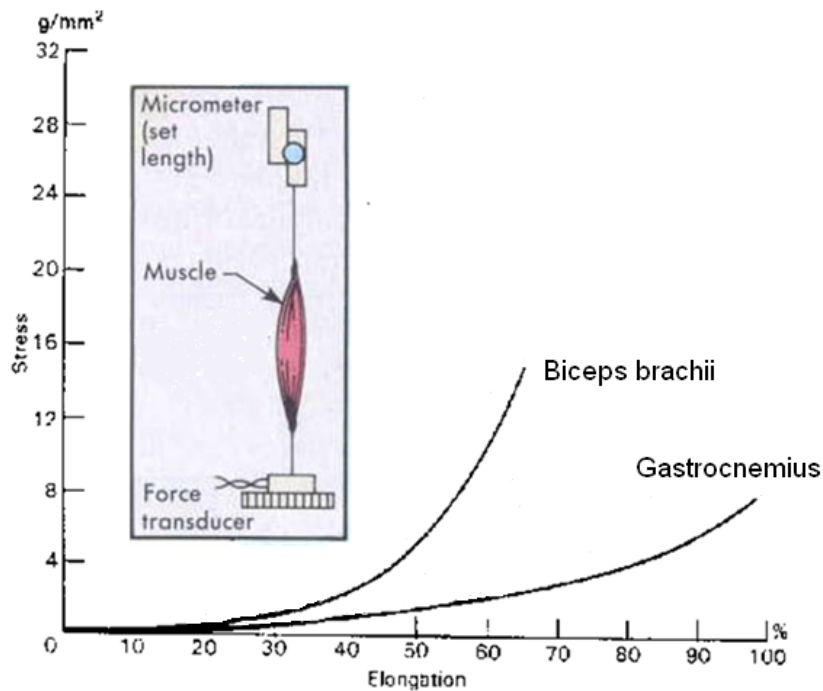
Biomechanica is de toepassing van de wetten van de mechanica op levende organismen. In de mens zijn het de skeletspieren die krachten opwekken, die vervolgens via pezen worden overgebracht op het skelet. (Raadpleeg desgewenst bijlage 1 over de structuur van een skeletspier.)



Figuur 1. Spieren onderscheiden zich door de richting van hun spiervezels t.o.v. de werkas. Er zijn fusiforme (spoelvormige) en penniforme (vogelveevormige) spieren. Neem aan dat de pennatiehoeken zijn zoals gegeven in de onderschriften.

Figuur 1 toont vier spieren die zijn gekozen vanwege de relatie tussen hun spiervezelrichting en de werkas van de spier waarlangs deze zich samentrekt. Fusiforme spieren hebben relatief lange spiervezels die parallel aan de werkas lopen. Bij penniforme spieren zijn de spiervezels onder een hoek met de werkas verbonden. Deze hoek wordt pennatiehoek genoemd.

6. Stel dat de spiervezels van alle spieren met dezelfde kracht samentrekken, en stel dat alle spieren dezelfde hoeveelheid spiervezels hebben. Bij welke pennatiehoek is de kracht waarmee de spier samentrekt dan het grootst?
  - a. Bij de spier waarbij de pennatiehoek gemiddeld  $20^\circ$  is
  - b. Bij de spier waarbij de pennatiehoek gemiddeld  $40^\circ$  is
  - c. Bij de spier waarbij de pennatiehoek gemiddeld  $60^\circ$  is
  - d. De pennatiehoek is niet van invloed op de kracht waarmee de spier samentrekt



Figuur 2. Spieren onderscheiden zich door hun passieve stijfheid. De passieve kracht-lengte relaties van een spier in de kuit (gastrocnemius) en een spier in de bovenarm (biceps brachii).

Figuur 2 toont de zogenaamde ‘stress’ in een skeletspier die ontstaat als deze als een elastiekje wordt uitgerekt, dus zonder dat de spier actief wordt. Een zogenaamde ‘micrometer’ verlengt de gezonde spier (‘Elongation’) met grote nauwkeurigheid, terwijl een ‘force transducer’ (newtonmeter of krachtmeter) de kracht meet die door de verlenging ontstaat. Wanneer die kracht wordt uitgedrukt in grammen en bovendien wordt gedeeld door de dwarsdoorsnede van de spier, wordt de (sterk) verouderde grootheid ‘stress’ ( $\text{g/mm}^2$ ) verkregen.

7. Wat zou de SI eenheid van stress zijn, en wat zou de omrekenfactor zijn (Fig. 2)? De correcte SI-eenheid en de meest correcte omrekenfactor zijn:
  - a. Joule, de omrekenfactor is  $\text{stress} \times 10^3$
  - b. Joule, de omrekenfactor is  $\text{stress} \times 10^4$
  - c. Pascal, de omrekenfactor is  $\text{stress} \times 10^3$
  - d. Pascal, de omrekenfactor is  $\text{stress} \times 10^4$
  
8. Stijfheid is de mate waarin een niet-geactiveerde spier zich tegen uitrekking verzet (Fig. 2). Welke stelling over de stijfheid van de gastrocnemius spier en de biceps brachii spier is het meeste juist?
  - a. De stijfheid van de gastrocnemius spier bij 95% ‘elongation’ is kleiner dan de stijfheid van de biceps brachii spier bij 50% ‘elongation’

- b. De stijfheid van de gastrocnemius spier bij 95% 'elongation' is gelijk aan de stijfheid van de biceps brachii spier bij 50% 'elongation'
- c. De stijfheid van de gastrocnemius spier bij 95% 'elongation' is groter dan de stijfheid van de biceps brachii bij 50% 'elongation'
- d. De stijfheid van de gastrocnemius spier kan niet zinvol vergeleken worden met de stijfheid van de biceps brachii spier omdat hun massa's verschillen

**Antwoorden:**

1B  
2C  
3A  
4B  
5C  
6A  
7D  
8C