

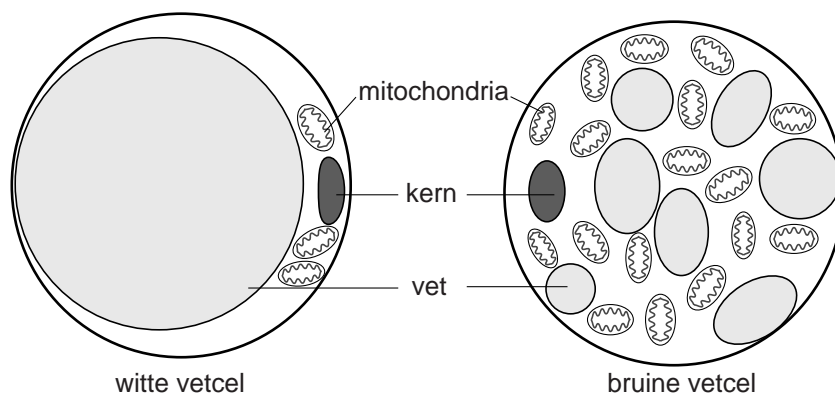
## Bruin vet

In de winter kun je een minder warme trui aantrekken en de thermostaat een graadje lager zetten. Bruin vet zorgt er dan voor dat je extra vet verbrandt om warmte op te wekken. Maar lukt het ook om zo af te vallen?

Wij hebben twee soorten vetweefsel. Wit vetweefsel met witte vetcellen dient vooral voor het aanleggen van een reservevoorraad brandstof die bij schaarste weer wordt afgegeven. Bruin vetweefsel met bruine vetcellen slaat ook vet op, maar dat is bedoeld om actief te verbranden en zo extra warmte op te wekken.

De bouw van witte en bruine vetcellen is schematisch weergegeven in afbeelding 1.

**afbeelding 1**



Het verschil in functie van witte en bruine vetcellen komt tot uiting in de verschillen in bouw van beide celtypen.

2p **20** Leg uit, aan de hand van twee typische kenmerken van de bruine vetcel (afbeelding 1), hoe deze is aangepast aan de beschreven functie.

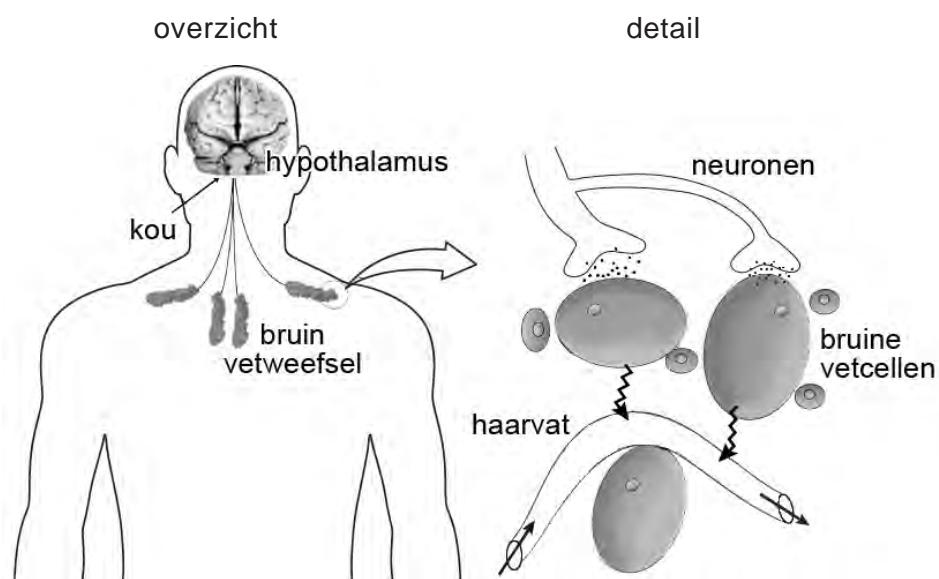
Warmte komt vrij bij het transport van energierijke elektronen in mitochondria. De mitochondria in de bruine vetcellen kunnen meer warmte opwekken doordat ze een speciaal membraanewit bezitten: thermogenine. Thermogenine is een protonkanaal dat zich, net als de membraancomplexen van de ademhalingsketen, bevindt in het mitochondriale binnenmembraan. Via thermogenine diffunderen protonen ( $H^+$ ) terug naar de matrix, waardoor alleen warmte ontstaat.

In de uitwerkbijlage is schematisch het dubbele membraan van een mitochondrium weergegeven, met een aantal eiwitcomplexen van de ademhalingsketen, ATP-synthetase en het thermogenine. Bij de versnelde aerobe dissimilatie waarbij zowel extra warmte als ATP wordt opgewekt, passeren grote hoeveelheden protonen het mitochondriale binnenmembraan.

- 2p 21 Geef in de uitwerkbijlage met vijf pijlen de richting aan waarin de protonenstromen zich dan door de vijf eiwitcomplexen verplaatsen.

Bruin vetweefsel wordt actief in de kou. Bij lage temperaturen ontstaan er, aangestuurd door de hypothalamus, impulsen in neuronen die verbonden zijn met bruin vetweefsel (zie afbeelding 2, overzicht). Daar wordt noradrenaline afgegeven, dat de bruine vetcellen stimuleert tot meer dissimilatie (zie afbeelding 2, detail). Het vetweefsel wordt al geactiveerd bij een luchttemperatuur van 18 graden Celsius en wordt actiever wanneer de temperatuur verder daalt.

**afbeelding 2**



De activiteit van de bruine vetcellen wordt onder andere door het zenuwstelsel geregeld.

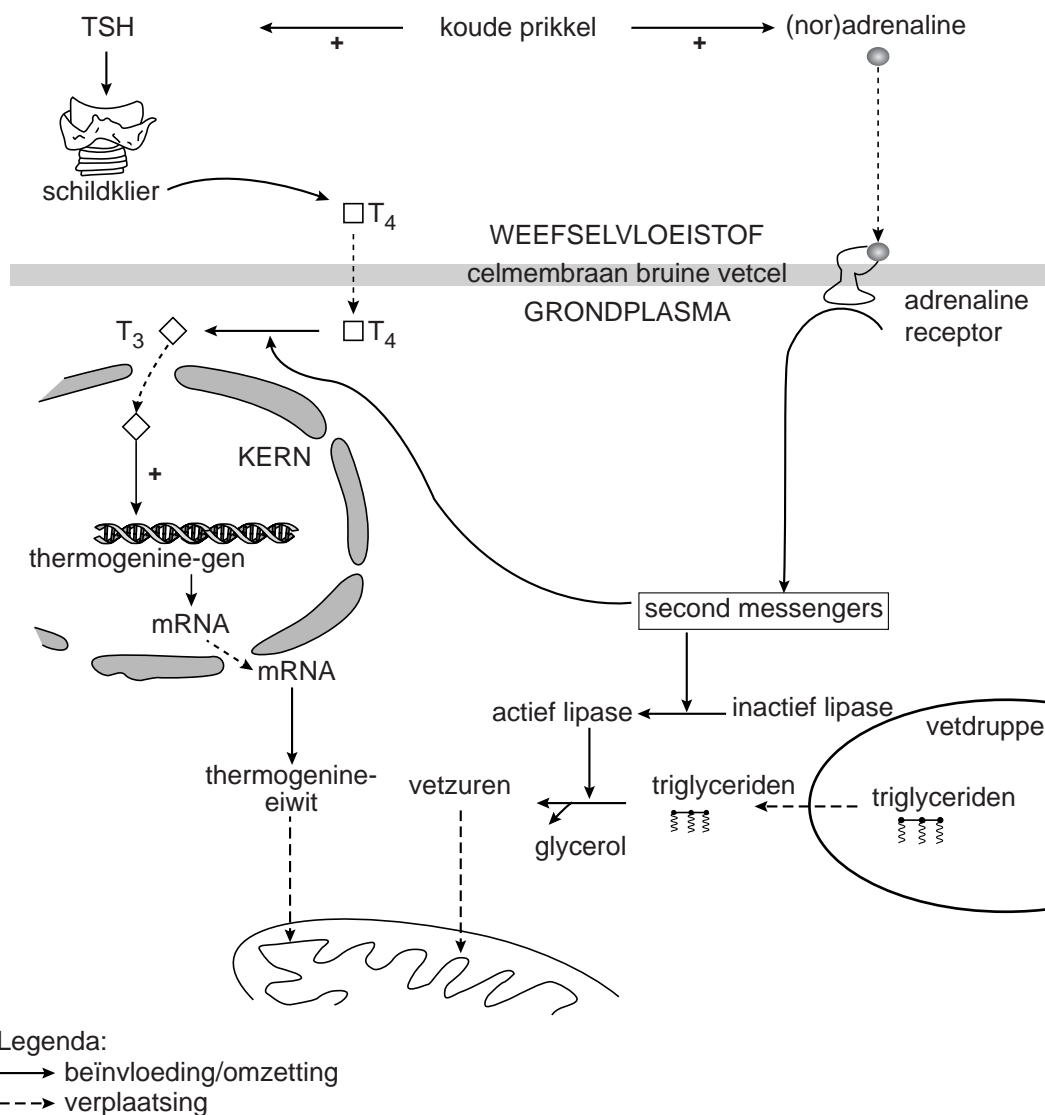
- 2p 22 Welk deel van het zenuwstelsel is voor stimulatie van de bruine vetcellen verantwoordelijk?
- A het animale zenuwstelsel
  - B het orthosympatische zenuwstelsel
  - C het parasympatische zenuwstelsel

Bruin vetweefsel is beter doorbloed dan wit vetweefsel. Dat is onder andere van belang voor de aanvoer van zuurstof en glucose.

2p 23 Geef twee andere redenen waarom voor de specifieke functie van bruin vetweefsel een goede doorbloeding van belang is.

De activatie van de bruine vetcellen door koude kan ook in gang gezet worden door een verhoogde afscheiding van schildklierstimulerend hormoon (TSH). De mechanismen die vervolgens leiden tot meer warmteproductie zijn in afbeelding 3 weergegeven. Door de aanwezigheid van vetzuren wordt het in de mitochondria ingebouwde thermogenine geopend.

afbeelding 3



Een toename van thyroxine (T4) in het bloed leidt na omzetting in T3 tot meer warmteproductie.

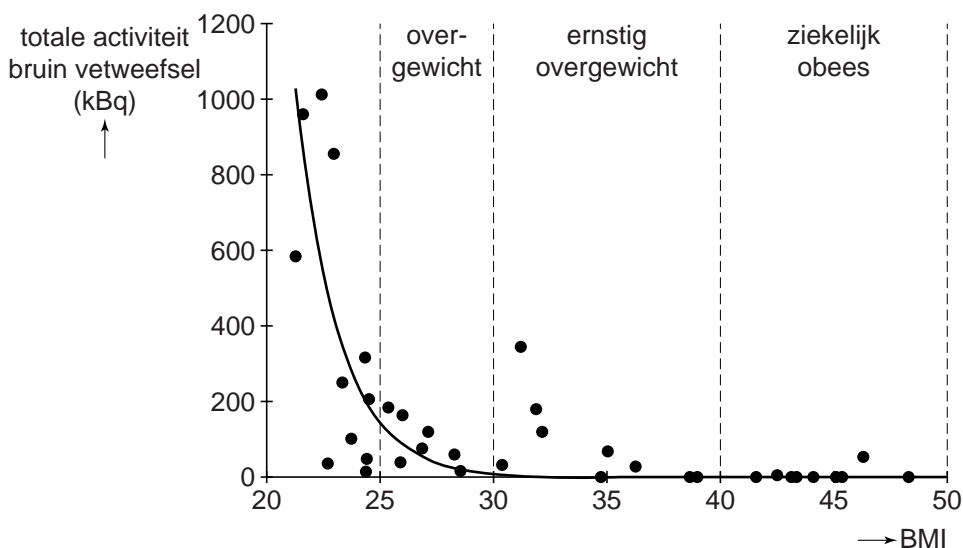
- 2p **24** Wat is het werkingsmechanisme van dit T3?
- A het opent het thermogeninekanaaltje in mitochondria van bruine vetcellen
  - B het opent het thermogeninekanaaltje in mitochondria van schildklierzellen
  - C het stimuleert transcriptie van het thermogenine-gen in bruine vetcellen
  - D het stimuleert transcriptie van het thermogenine-gen in schildklierzellen

De bij koude afgegeven (nor)adrenaline leidt tot een verhoogde warmteproductie in bruine vetcellen.

- 2p **25** Beschrijf hoe de afgifte van (nor)adrenaline op twee manieren leidt tot een verhoogde warmteproductie in deze cellen.

Kunnen mensen geholpen worden met afvallen door de leefomgeving kouder te maken? Door toediening van radioactief gemerkte glucose (<sup>18</sup>Fluoro-Deoxy-Glucose) aan proefpersonen kan de metabolische activiteit van weefsel met een PET/CT-scan gemeten worden. De activiteit van het bruin vetweefsel na een koudeprikkel varieert sterk tussen mensen onderling, en blijkt gerelateerd aan hun BMI (afbeelding 4). De BMI is een maat voor de verhouding tussen gewicht en lichaamslengte.

**afbeelding 4**



- 2p **26** Beredeneer aan de hand van de resultaten van dit experiment (afbeelding 4) in hoeverre het regelmatig verblijven in een koudere omgeving, bijvoorbeeld door in de winter de thermostaat in de kamer lager te zetten, kan helpen bij het afvallen. Beschrijf het resultaat waarop je conclusie baseert.

uitwerkbijlage

21

