

1. Temperatuurregeling

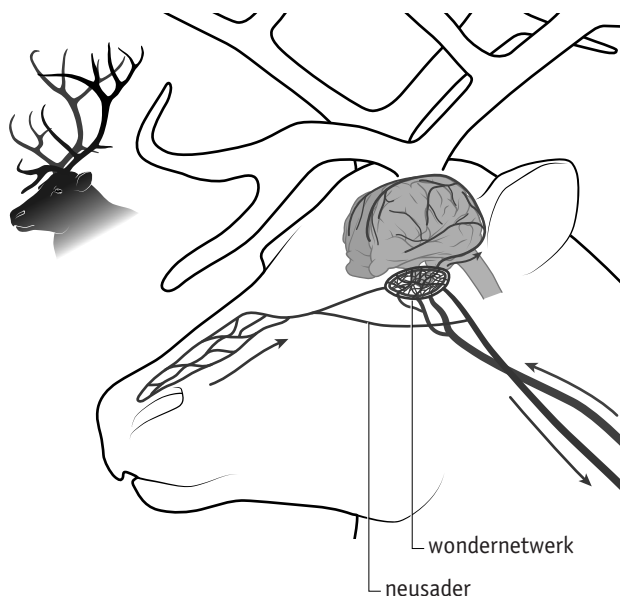
Als je het warm hebt, wordt je gezicht rood. Dit komt doordat de bloedvatjes net onder je huid wijder worden doordat bepaalde spieren zich samentrekken. Zo staat je lichaam warmte af en koel je af. Als je het dan nog steeds heel warm hebt, begin je te zweten.

Afb. 1



Veel dieren kunnen niet zweten. Zij moeten hun temperatuur vooral met hun bloedsomloop regelen. Een voorbeeld van zo'n dier is het rendier. Rendieren zijn met hun dikke vacht aangepast aan het leven in een koude omgeving. Maar dit betekent dat ze hun warmte niet gemakkelijk kwijtraken als ze zich inspinnen, bijvoorbeeld wanneer ze moeten vluchten of als werkdier zijn ingezet. Hoe houdt een rendier zijn lichaamstemperatuur dan constant? Dat was de vraag die drie Noorse onderzoekers graag wilden beantwoorden. Ze ontdekten dat rendieren bij zware inspanning allereerst sneller gingen ademen, maar ook dat ze via hun neus gingen ademen. Toen de dieren het nog warmer kregen, lieten ze hun tong uit hun bek hangen en schakelden ze hun zogenaamde 'wondernetwerk' (*rete mirabilis*) in om hun hersenen te koelen (zie afbeelding 2). Dit wondernetwerk bestaat uit een netwerk van bloedvaten dat ervoor zorgt dat bloed vanuit de neus niet langer rechtstreeks naar het hart wordt teruggeleid, maar naar een kluit van bloedvaten rondom de hersenslagaders. Hierdoor koelt het bloed dat naar de hersenen gaat af.

Afb. 2 Wondernetwerk om het bloed naar de hersenen te koelen.



Afb. 3

Rudolphs koelsysteem

Door hun dikke isolerende wintervacht zijn rendieren perfect aangepast aan de extreme kou van de Arctische winter. Maar de vacht houdt niet alleen de kou buiten, hij laat ook geen warmte naar buiten. Dat is prima als de dieren uitrusten, maar wat gebeurt er als ze actief zijn en opwarmen? Usain Bolt (Olympisch kampioen op de 100 meter sprint in 2012) gaat immers ook niet sprinten in een bontjas.

Arnoldus Blix van de universiteit van Tromsø uit Noorwegen legt uit dat de dieren drie tactieken hebben om oververhitting te voorkomen: hijgen met hun mond dicht om water te laten verdampen via hun neus, hijgen met hun mond open om water via hun tong te laten verdampen en een koelsysteem aanzetten dat het bloed dat naar het brein stroomt afkoelt. Maar hoe worden deze verschillende strategieën gecoördineerd? Op zoek naar antwoorden besloten Blix en zijn collega's Lars Walløe en Lars Folkow om de hersentemperaturen, ademhalingsfrequenties en de bloedstroom in een aantal belangrijke bloedvaten in de kop van rendieren te onderzoeken om uit te vinden hoe actieve rendieren koel blijven in de winter.

'Rendieren zijn de beste dieren om mee te werken; als ze hun trainer eenmaal vertrouwen doen ze alles voor hem,' legt Blix uit. Dus trainde het team de rendieren om 9 km/uur op een loopband te lopen bij temperaturen tussen de 10 °C en 30 °C om de dieren op te warmen terwijl ze allerlei metingen verrichtten.

Bij de start van de training steeg de ademhalingsfrequentie van 7 ademhalingen per minuut tot 260 ademhalingen per minuut. Blix legt uit dat de dieren koele lucht via hun neus inademen en water verdampen via het vochtige neusslijmvlies. Op die manier koelt het bloed in de neus af en stroomt koel bloed terug het lichaam in.

Als de dieren bij een hogere omgevingstemperatuur doorliepen en meer warmte opwekten, begonnen ze hijgen. Hun mond ging open en ze lieten hun tong naar buiten hangen zoals honden dat doen. 'In de grote tong van een rendier zitten veel bloedvaten en de tong is goed doorbloed,' verklaart Blix. 'Daarnaast bevochtigen de rendieren hun tong met speeksel zodat de tong nog eens extra gekoeld wordt door de verdamping van het speeksel.'

Het team merkte dat de bloedstroom door de tong het hoogst was bij een hersentemperatuur van 39 °C. Op dat moment werd het derde koelsysteem in werking gezet: gekoeld bloed dat afkomstig was van de neus werd niet langer teruggevoerd naar het lichaam, maar naar een netwerk rondom hersenslagaders. Het bloed in de hersenslagaders werd hierdoor gekoeld om zo het brein te beschermen tegen oververhitting.

Blix geeft toe dat hij eerst niet dacht dat dit systeem zou werken. 'Slechts 2% van de ingeademde lucht ging via de neus als het dier met open mond hijgt,' legt hij uit. Echter als je berekent hoe enorm veel lucht de dieren inademen, gecombineerd met de lage luchttemperaturen, dan blijkt dat rendieren in staat zijn om voldoende koele lucht in te ademen via hun neus om hun hersenen te koelen. Dit systeem wordt echter alleen als laatste mogelijkheid gebruikt.

Blix en zijn collega's hebben dus ontdekt hoe de goed geïsoleerde rendieren zichzelf beschermen tegen oververhitting en hoe Rudolph koel blijft, zelfs als hij de slee van de Kerstman moet trekken.

Bron: the Journal of Experimental Biology

OPDRACHT 1

- Rondom de bloedvaten in de huid lopen kringspieren en lengtespieren. Welk van deze spieren trekken samen als de huid rood wordt? Leg je antwoord uit.

Als de huid rood wordt, trekken de lengtespieren zich samen. Hierdoor worden de bloedvaten wijder.
- Wat gebeurt er met de bloedvaten onder je huid als je 'blauw ziet van de kou'?

Bij kou trekken de kringspieren van de bloedvaten in je huid samen. (De bloedvaten worden nauwer en laten minder bloed door. Hierdoor is je huid minder goed doorbloed en worden je vingertoppen bijvoorbeeld wit en je nagels en lippen blauw.)
- Mensen zweten als ze het te warm krijgen, rendieren niet. Stel je voor dat rendieren zouden kunnen zweten. Zou zweten voor rendieren een effectieve manier zijn om af te koelen? Leg je antwoord uit.

Als mensen zweten, ligt het zweet op ons relatief onbehaarde lichaam. Het water uit het zweet verdampt op onze huid en hierdoor koelen we af. Als een rendier zou zweten, blijft het zweet in zijn vacht zitten. Het zweet dat verdampt, koelt alleen de vacht af en niet het lichaam van het rendier. Zweten is dus voor een rendier geen effectieve manier om af te koelen.
- Rendieren gingen sneller ademen tijdens het experiment. Hierbij verloren ze veel water. Bij welk proces in het lichaam komt dit water vrij?

Het water komt vrij bij de verbranding van glucose.
- Als hun hersentemperatuur boven de 39 °C stijgt, gebruiken rendieren afgekoeld bloed uit de neusaders als 'koelvloeistof' voor de hersenen. Leg uit dat bloed uit de neusader meer afkoelt dan bloed uit de tongader.

Lucht die het rendier inademt via zijn neus, legt een langere weg af naar de longen dan lucht die hij via zijn bek inademt. De koele lucht die hij via zijn neus inademt kan dus (via het neusslijmvlies) langer het bloed in de neushaarvaten koelen dan de lucht die hij via zijn bek inademt. Hierdoor is het bloed in de neusader koeler dan het bloed in de tongader.

- 6 Blix geloofde eerst niet dat de koeling via het neusaderweb zou werken. De hoeveelheid ingeademde lucht via de neus zou hiervoor te klein zijn, verwachtte Blix. De longinhoud van een paard is 50 liter. Stel dat de longinhoud van een rendier ook 50 liter is. Bereken hoeveel liter lucht per minuut een rendier via zijn neus inademt als de hersentemperatuur boven de 39 °C stijgt.

Als de temperatuur boven de 39 °C stijgt, stijgt de ademhalingsfrequentie van 7 ademhalingen per minuut tot 260 ademhalingen per minuut. Hiervan ademt het dier 2% via de neus in.

Dus: 260 ademhalingen / minuut × 50 liter lucht × 0,02 = 260 liter lucht / minuut.

- 7 Een rendier gebruikt zijn wondernet niet altijd. Leg uit dat een rendier het wondernet onder normale omstandigheden 'uitschakelt'.

Het wondernet is onder normale omstandigheden uitgeschakeld omdat de hersenen anders te veel zouden afkoelen.

WONDEREN OP NIVEAU

Giraffen hebben ook een wondernet onder aan hun hersenen. Net onder hun hersenen vertakt de halsslagader zich in een binnenste en een buitenste slagader. De buitenste slagader vertakt zich tot een wondernet. De binnenste slagader loopt niet langs de hersenen, maar vangt een deel van het bloed op als de giraffe met z'n kop naar beneden staat. Zo komt niet al het bloed ineens in zijn hersenen. Als de giraffe z'n kop omhoog doet, stroomt het extra bloed via het wondernet naar zijn hersenen.

Afb. 4



OPDRACHT 2

- 1 Wat is de functie van het wondernet van de giraffe?

Door het wondernet van de giraffe blijft de bloeddruk in de hersenen van de giraffe constant.

- 2 Als een giraffe staat, bevindt z'n kop zich ongeveer drie meter boven zijn hart. Om de hersenen van voldoende bloed te kunnen voorzien is de halsslagader van onderen elastisch en van boven gespierd.

Leg uit dat de halsslagader van een giraf van boven gespierd moet zijn.

De gespierde halsslagader zorgt ervoor dat de bloeddruk constant blijft als de giraf het bloed drie meter omhoog moet pompen. Daarnaast pompen de spieren van de slagader met iedere slag met het hart mee. Hierdoor hoeft het hart minder hard te pompen.

- 3 Ook de halsader van de giraffe is aangepast aan zijn leefwijze. In de halsader bevinden zich kleppen.

Welke functie hebben deze kleppen, denk jij?

De kleppen in de halsader voorkomen dat het bloed te snel naar beneden stroomt als de giraffe met zijn kop omhoog staat.