



1

INLEIDING TOT DE ANATOMIE EN FYSIOLOGIE

HOOFDSTUKOVERZICHT

- 1.1 **Levende organismen vertonen reactievermogen, groei, voorplanting, beweging en stofwisseling 4**
- 1.2 **Anatomie is de studie van de structuur en fysiologie is de studie van de functie 5**
Anatomie 5
Fysiologie 6
- 1.3 **De verschillende organisatieniveaus: van eenvoudige atomen en moleculen tot een volledig organisme 6**
- 1.4 **Het menselijk lichaam bestaat uit elf orgaanstelsels 8**
- 1.5 **Homeostase is het streven naar intern evenwicht 12**
- 1.6 **Negatieve terugkoppeling gaat afwijkingen ten opzichte van de normwaarden tegen, terwijl positieve terugkoppeling deze versterkt 13**
Negatieve terugkoppeling 13
Positieve terugkoppeling 15
- 1.7 **Anatomische termen omvatten gebieden van het lichaam, anatomische houdingen en richtingen en lichaamsdelen 16**
Uitwendige anatomie 16
Anatomie van doorsneden 18
- 1.8 **Holten van de romp beschermen inwendige organen en dankzij deze holten kunnen de organen van vorm veranderen 20**
De borstholte 24
De buik- en bekkenholte 24

LEERDOELEN

Als je dit hoofdstuk hebt doorgenomen, zou je over de volgende vaardigheden moeten beschikken:

- 1.1 De basale functies van levende organismen beschrijven.
- 1.2 De relatie tussen anatomie en fysiologie verklaren en de verschillende specialisaties binnen elk van deze disciplines beschrijven.
- 1.3 De belangrijkste organisatieniveaus in organismen kennen, vanaf het eenvoudigste tot het meest complexe.
- 1.4 De elf orgaanstelsels van het menselijk lichaam en hun belangrijkste functies noemen.
- 1.5 Het begrip 'homeostase' verklaren.
- 1.6 Beschrijven op welke wijze negatieve en positieve terugkoppeling bij homeostatische regulering zijn betrokken.
- 1.7 Doorsneden, lichaamsdelen en hun onderlinge positie aan de hand van anatomische termen beschrijven.
- 1.8 De belangrijkste holten van de romp en de onderverdelingen van deze holten benoemen.

1.1 Levende organismen vertonen reactievermogen, groei, voortplanting, beweging en stofwisseling

Leerdoel: De basale functies van levende organismen beschrijven.

De wereld om ons heen kent een verbazingwekkende diversiteit aan levende organismen die sterk van elkaar verschillen wat betreft uiterlijk en levenswijze. Een doelstelling van de biologie, de leer van het leven, is het ontdekken van de gezamenlijke patronen die aan deze diversiteit ten grondslag liggen. Bij deze studie blijkt dat alle levende wezens de volgende functies vertonen:

- **Reactievermogen.** Organismen reageren op veranderingen in hun onmiddellijke omgeving; deze eigenschap wordt ook wel *prikkelbaarheid* genoemd. Mensen trekken hun hand terug van een hete kachel, honden blaffen als er een vreemde aankomt, vissen schrikken van harde geluiden en amoeben bewegen zich in de richting van een mogelijke prooi. Organismen maken ook langduriger veranderingen door wanneer zij zich aan hun omgeving aanpassen. Een dier kan bijvoorbeeld een dikkere vacht krijgen als de winter nadert, of het kan naar een warmer klimaat vertrekken. Het vermogen tot zulke aanpassingen wordt *aanpassingsvermogen* genoemd.
- **Groei.** Organismen nemen in omvang toe door de groei van cellen of door de toename van het aantal cellen, de bouwstenen van het leven. Eencellige organismen groeien doordat de cel groter wordt, terwijl meer complexe organismen voornamelijk groeien doordat het aantal cellen toeneemt. Organismen zoals honden, katten en mensen bestaan uit miljarden cellen. Naarmate dergelijke meercellige organismen zich ontwikkelen, specialiseren afzonderlijke cellen zich zodat ze bepaalde functies kunnen vervullen, soms ten koste van andere functies. Deze specialisatie wordt *differentiatie* genoemd.
- **Voortplanting.** Organismen planten zich voort en brengen zodoende steeds nieuwe generaties van dezelfde organismen voort.
- **Beweging.** Organismen vertonen beweging; deze beweging kan inwendig zijn (transport van voedingsstoffen, bloed of andere stoffen in het lichaam) of uitwendig (voortbeweging door de omgeving).
- **Stofwisseling.** Organismen zijn afhankelijk van complexe chemische reacties om de energie te leveren die nodig is voor het reactievermogen, de groei, de voortplanting en de beweging. Ook synthetiseren ze complexe chemische stoffen zoals eiwitten. Onder *stofwisseling* (metabolisme) worden alle chemische reacties in het lichaam verstaan. Voor normale stofwisselingsreacties is het nodig stoffen uit de omgeving op te nemen. Om op efficiënte wijze energie vrij te maken, hebben de meeste cellen verschillende voedingsstoffen (nutriënten) nodig die in voedsel aanwezig zijn. Daarnaast hebben ze ook zuurstof, een gas, nodig. De opname, het vervoer en het verbruik van zuurstof door cellen wordt *respiratie* genoemd. Bij stofwisselingsreacties ontstaan vaak onnodige of mogelijk schadelijke afvalstoffen die via het proces van *uitscheiding* (excretie) uit het lichaam dienen te worden verwijderd.

Voor heel kleine organismen betekent opname, ademhaling en uitscheiding het verplaatsen van stoffen door oppervlakten die in contact staan met de omgeving. Organismen echter die een grotere doorsnede hebben dan enkele millimeters, nemen voedingsstoffen zelden direct uit hun omgeving op. Mensen kunnen bijvoorbeeld geen voedingsstoffen uit biefstukken, appels of ijsjes opnemen zonder deze eerst te verwerken. Deze verwerking, die *spijsvertering* wordt genoemd, treedt op in speciale structuren waarin complexe voedingsstoffen worden afgebroken tot kleinere bestanddelen die kunnen worden getransporteerd en opgenomen. Respiratie en uitscheiding zijn bij grote organismen ook complexer dan bij kleine. Mensen hebben gespecialiseerde structuren voor gaswisseling (longen) en uitscheiding (nieren). Hoewel de spijsvertering, ademhaling en uitscheiding in verschillende delen van het lichaam plaatsvinden, kunnen de cellen niet naar de ene plaats reizen voor voedingsstoffen, naar een andere plaats voor zuurstof en naar weer een andere plaats om hun afvalstoffen kwijt te raken. De afzonderlijke cellen blijven op hun plek en communiceren met andere delen van het lichaam via een inwendig transportsysteem: de bloedsomloop (circulatie). Het bloed neemt bijvoorbeeld afvalstoffen uit alle lichaamscellen op en vervoert deze naar de nieren, die deze stoffen vervolgens uitscheiden.

De biologie omvat veel subspecialisaties. In dit boek worden twee onderwerpen uit de biologie behandeld: de anatomie en de fysiologie. Naarmate je in dit boek vordert, raak je vertrouwd met de basis van de anatomie en fysiologie van het menselijk lichaam.

INZICHTVRAAG

- 1 Op welke wijze zijn vitale functies zoals groei, reactievermogen, voortplanting en beweging afhankelijk van de stofwisseling?

Het antwoord is te vinden in bijlage 1 achter in het boek.

1.2 Anatomie is de studie van de structuur en fysiologie is de studie van de functie

Leerdoel: De relatie tussen anatomie en fysiologie verklaren en de verschillende specialisaties binnen elk van deze disciplines beschrijven.

Het woord **anatomie** stamt uit het Grieks, net als veel andere anatomische en fysiologische termen. Anatomie, wat 'opensnijden' betekent, is de studie van inwendige en uitwendige structuren en de fysieke relaties tussen lichaamsdelen. **Fysiologie** is de studie van de manier waarop levende organismen hun vitale functies verrichten. De twee vakgebieden houden sterk verband met elkaar. Uit anatomische informatie komen aanwijzingen naar voren over mogelijke functies; fysiologische processen kunnen vaak worden verklaard op basis van de achterliggende anatomie.

Het verband tussen structuur en functie is altijd aanwezig, maar wordt niet altijd begrepen. De anatomie van het hart was bijvoorbeeld in de vijftiende eeuw al bekend, maar het duurde nog bijna tweehonderd jaar voordat iemand inzag dat dit orgaan het bloed rondpompt. In deze tekst raak je vertrouwd met de basisanatomie en krijg je inzicht in de fysiologische processen die het menselijk leven mogelijk maken. Deze informatie zal je helpen inzicht te krijgen in verschillende soorten ziekteprocessen.

1.2.1 Anatomie

De anatomie wordt aan de hand van het niveau waarop de bouw ervan wordt onderzocht, onderverdeeld in macroscopische anatomie en microscopische anatomie. Andere anatomische specialisaties richten zich op specifieke processen, zoals de ademhaling, of op medische toepassingen, zoals het ontwikkelen van kunstmatige ledematen.

Macroscopische anatomie

Bij macroscopische anatomie worden kenmerken onderzocht die met het blote oog zichtbaar zijn. Er zijn veel manieren om de macroscopische anatomie te benaderen. Uitwendige anatomie betekent het bestuderen van de algemene vorm en van oppervlaktekennmerken. Bij regionale anatomie worden de oppervlaktestructuren en inwendige structuren in een bepaald gebied van het lichaam bestudeerd, bijvoorbeeld het hoofd, de hals of de romp. Bij systemische anatomie wordt de structuur van belangrijke *orgaanstelsels* bestudeerd. Een orgaanstelsel is een groep **organen** die samen op gecoördineerde wijze functioneren. Hart, bloed en bloedvaten bijvoorbeeld, vormen samen het cardiovasculaire systeem, waarmee zuurstof en voedingsstoffen door het hele lichaam worden getransporteerd.

Microscopische anatomie

Bij microscopische anatomie worden structuren bestudeerd die niet zonder vergroting zichtbaar zijn. De grenzen van de microscopische anatomie worden bepaald door de beperkingen van de gebruikte apparatuur. Met een lichtmicroscop kunnen details van de celstructuur zichtbaar worden gemaakt, terwijl met een elektronenmicroscop afzonderlijke moleculen met een diameter van slechts enkele nanometers (nm, een miljoenste deel van een millimeter) zichtbaar worden. In dit boek gaan we anatomische details op elk niveau bestuderen: van macroscopisch tot microscopisch.

De microscopische anatomie kan worden onderverdeeld in specialisaties die onderdelen bestuderen van een bepaalde omvang. Bij de cytologie (of celleer) wordt de inwendige structuur van afzonderlijke cellen bestudeerd. De triljoenen levende cellen in het lichaam bestaan uit chemische stoffen in verschillende verbindingen; het leven is afhankelijk van de chemische processen in deze cellen. Daarom gaan we eerst eenvoudige scheikunde bestuderen (hoofdstuk 2) voordat we de

celstructuur gaan onderzoeken (hoofdstuk 3).

Bij de histologie wordt een breder perspectief gehanteerd en worden weefsels onderzocht. Dat zijn groepen gespecialiseerde cellen en celproducten die samenwerken bij het uitvoeren van specifieke functies (hoofdstuk 4). Verschillende weefsels vormen samen organen, zoals het hart, de nier, de lever en de hersenen. Veel organen kunnen zonder microscoop worden onderzocht. Op orgaaniveau overschrijden we de grens met de macroscopische anatomie.

1.2.2 Fysiologie

Fysiologie is de studie van het functioneren van levende organismen. De fysiologie van de mens is de studie van de functies van het menselijk lichaam. Deze functies zijn complex en veel moeilijker te onderzoeken dan de meeste anatomische structuren. Daardoor omvat de studie van de fysiologie nog meer specialisaties dan de anatomie.

De hoeksteen van de menselijke fysiologie is de celfysiologie, het bestuderen van het functioneren van levende cellen. Celfysiologie omvat gebeurtenissen op chemisch of moleculair niveau, zowel chemische processen binnen cellen als tussen cellen onderling. Orgaanfysiologie is het bestuderen van de fysiologie van bepaalde organen. Voorbeelden zijn onder meer nierfysiologie (nierfunctie) en hartfysiologie (hartfunctie). Bij de systeemfysiologie worden alle aspecten van het functioneren van specifieke orgaanstelsels bestudeerd. Voorbeelden zijn de fysiologie van het ademhalingsstelsel en van het voortplantingsstelsel. Pathofysiologie of pathologie is het bestuderen van de effecten van aandoeningen op het functioneren van organen of stelsels (het Griekse woord *pathos* betekent 'ziekte'). De moderne geneeskunde is afhankelijk van inzicht in zowel de fysiologie van gezonde organismen als de pathologische fysiologie; medici moeten niet alleen weten wat er fout is gegaan, maar ook hoe dit dient te worden gecorrigeerd.

Speciale onderwerpen in de fysiologie gaan over specifieke functies van het menselijk lichaam. Deze specialisaties zijn gericht op fysiologische relaties en interacties tussen verschillende cellen, organen en orgaanstelsels in relatie tot bepaalde functies. Bij sportfysiologie worden bijvoorbeeld de fysiologische aanpassingen aan sportbeoefening bestudeerd.

INZICHTVRAGEN

- Beschrijf de nauwe relatie tussen anatomie en fysiologie.
- Zou een histoloog eerder als een specialist op het gebied van de microscopische of de macroscopische anatomie worden beschouwd? Waarom?
De antwoorden zijn te vinden in bijlage 1 achter in het boek.

1.3 De verschillende organisatieniveaus: van eenvoudige atomen en moleculen tot een volledig organisme

Leerdoel: De belangrijkste organisatieniveaus in organismen kennen, vanaf het eenvoudigste tot het meest complexe.

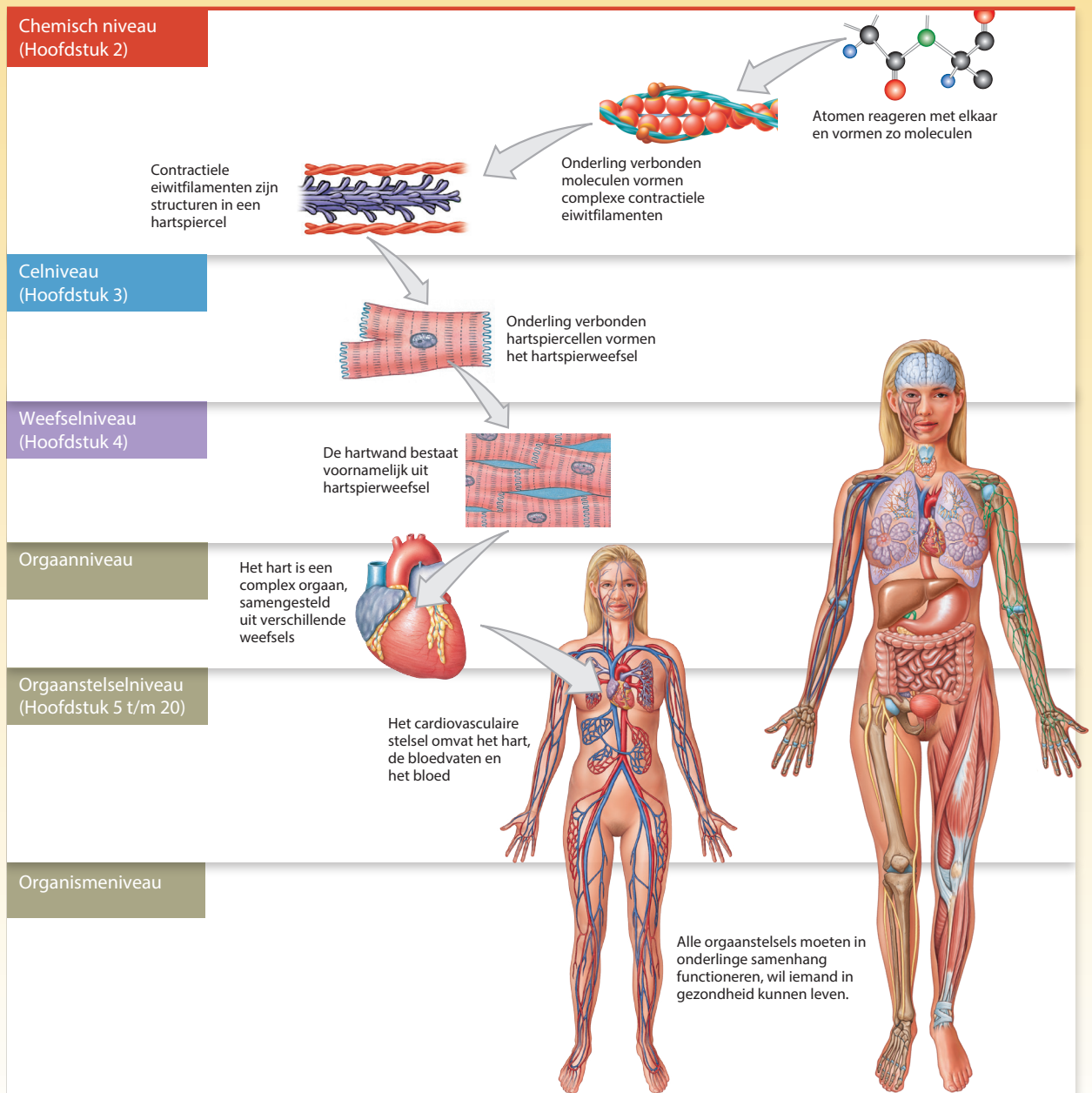
Voor een goed inzicht in het menselijk lichaam dienen we de organisatie ervan op verschillende niveaus te begrijpen: vanaf het submicroscopische tot en met het macroscopische niveau. In Spotlight figuur 1-1 • zijn de relaties tussen de verschillende organisatieniveaus weergegeven, met het bloedvatstelsel als voorbeeld.

- Chemisch niveau. Atomen,** de kleinste stabiele bouwstenen van de materie, verbinden zich met elkaar tot *moleculen* met een complexe vorm. Zelfs op dit eenvoudigste niveau wordt de functie van een molecuul door zijn speciale vorm gedefinieerd. Dit is het chemische organisatieniveau.
- Celniveau.** Verschillende moleculen vertonen interactie, zodat grotere structuren ontstaan. Elk type structuur heeft een specifieke functie in een cel. In het hart bijvoorbeeld, vertonen verschillende typen eiwitfilamenten interacties die leiden tot de contracties van spiercellen. *Cellen*, de kleinste levende eenheden in het lichaam, vormen het cellulaire organisatieniveau.
- Weefselniveau.** Een *weefsel* bestaat uit cellen van hetzelfde type die samenwerken om een specifieke functie uit te voeren. Hartspiercellen vormen *hartspierweefsel*, een voorbeeld van organisatie op weefselniveau.

SPOTLIGHT

Figuur 1-1
ORGANISATIENIVEAUS

Ons inzicht in de wijze waarop het menselijk lichaam werkt, is gebaseerd op onderzoek van de verschillende organisatieniveaus. Atomen die met elkaar reageren, vormen moleculen die tezamen de eiwitfilamenten vormen van een hartspiercel. Dergelijke cellen zijn onderling verbonden en vormen hartspierweefsel, waaruit het grootste deel van de wanden van het hart bestaat, een driedimensionaal orgaan. Het hart is slechts één onderdeel van het bloedvatstelsel, dat ook uit het bloed en de bloedvaten bestaat. De verschillende orgaanstelsels moeten samenwerken om het leven op het niveau van het organisme in stand te houden.



- *Orgaanniveau*. Een *orgaan* bestaat uit twee of meer verschillende weefsels die samenwerken om een specifieke functie uit te voeren. Een voorbeeld van organisatie op orgaanniveau is het *hart*, een hol, driedimensionaal orgaan waarvan de wanden bestaan uit lagen hartspierweefsel en andere weefsels.
- *Orgaanstelselniveau*. Organen werken samen in *orgaanstelsels*. Telkens wanneer het hart samentrekt, wordt bloed in een netwerk van bloedvaten gepompt. Samen vormen het hart, het bloed en de bloedvaten het *bloedvatensstelsel*, een voorbeeld van organisatie op orgaanstelselniveau.
- *Organismeniveau*. Alle orgaanstelsels in het lichaam werken samen om het leven en de gezondheid in stand te houden. Het hoogste organisatieniveau is het *organisme* zelf – in ons geval de mens.

De organisatie op elk van de niveaus is bepalend voor zowel de bouw als de functies van de hogere niveaus. Zoals in figuur 1-1 • is te zien, worden de eiwitfilamenten gevormd door de rangschikking van atomen en moleculen op chemisch niveau; op celniveau geven deze filamenten de hartspiercellen het vermogen om samen te trekken. Op weefselniveau zijn deze cellen met elkaar verbonden, waardoor hartspierweefsel wordt gevormd. De structuur van dit weefsel zorgt ervoor dat de contracties worden gecoördineerd, zodat een hartslag kan ontstaan. Dankzij de inwendige anatomie van het hart kan dit orgaan tijdens een hartslag een pompfunctie vervullen. Het hart is met bloed gevuld en verbonden met de bloedvaten; door de pompwerking wordt het bloed door de vaten van het bloedvatensstelsel gestuwd. Via interacties met het ademhalingsstelsel, spijsverteringsstelsel, urinaire stelsel en andere stelsels verricht het bloedvatensstelsel verschillende functies die noodzakelijk zijn voor het overleven van het organisme. Iets wat een stelsel negatief beïnvloedt, zal uiteindelijk een negatieve invloed hebben op alle onderdelen van dat stelsel. Na een groot bloedverlies slaagt het hart er bijvoorbeeld niet in het bloed op effectieve wijze rond te pompen. Als het hart niet kan pompen en het bloed niet kan stromen, kunnen geen zuurstof en voedingsstoffen worden vervoerd. Al snel begint het hartspierweefsel te degenereren, doordat afzonderlijke spiercellen sterven door een tekort aan zuurstof en voedingsstoffen. Deze veranderingen zullen niet beperkt blijven tot het cardiovasculaire stelsel: cellen, weefsels

en organen in het hele lichaam zullen hiervan schade ondervinden.

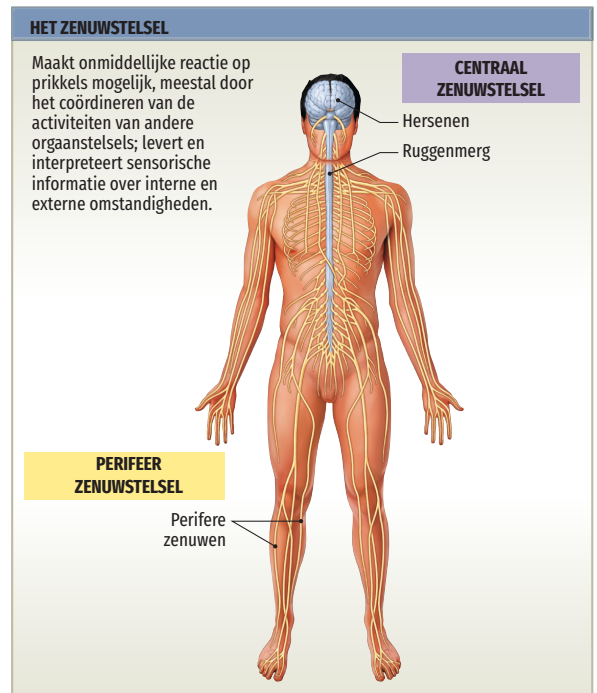
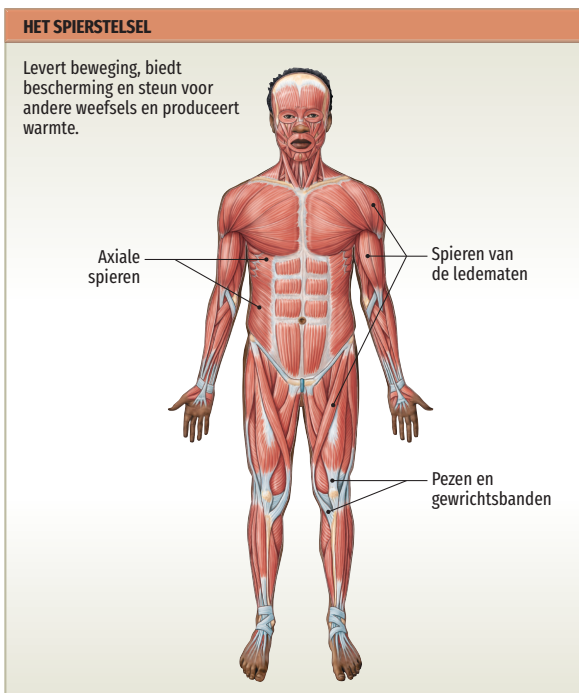
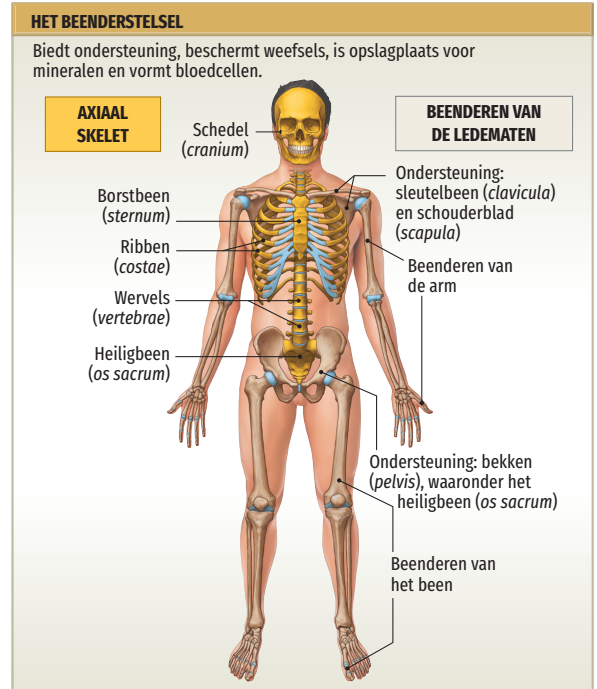
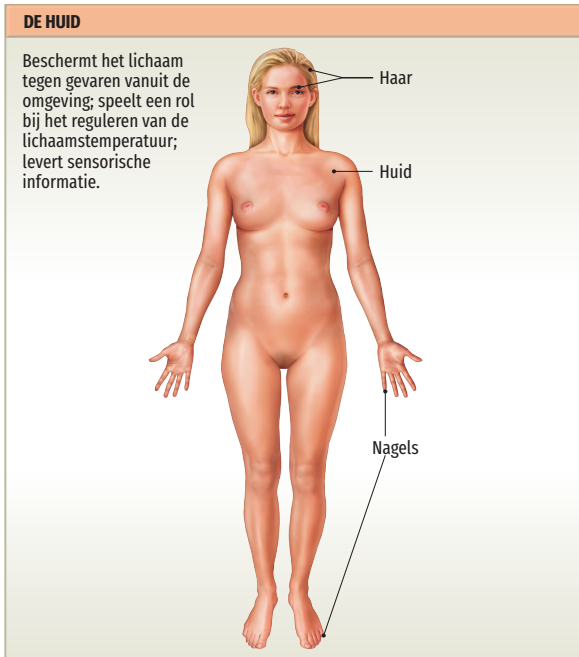
INZICHTVRAAG

- 4 Noem de belangrijkste organisatieniveaus van het menselijk lichaam, vanaf het eenvoudigste tot aan het meest complexe niveau.
Het antwoord is te vinden in bijlage 1 achter in het boek.

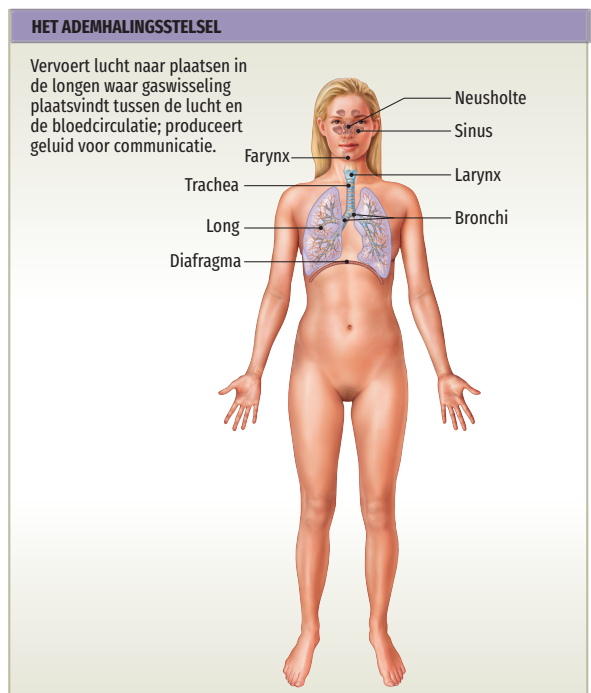
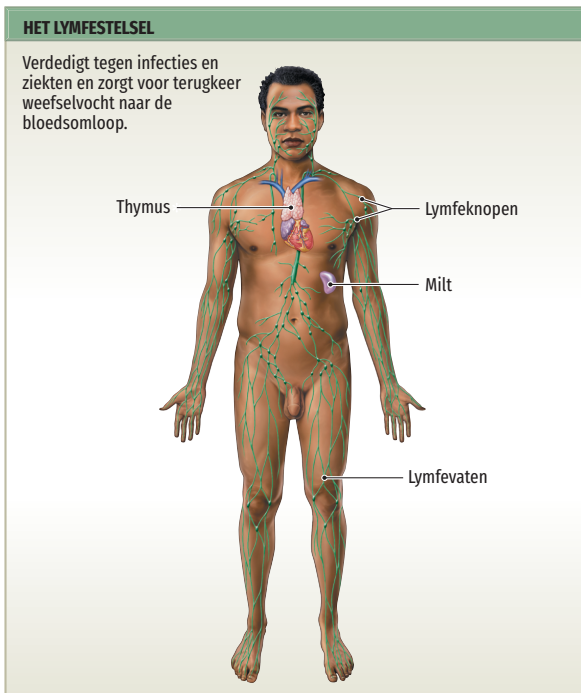
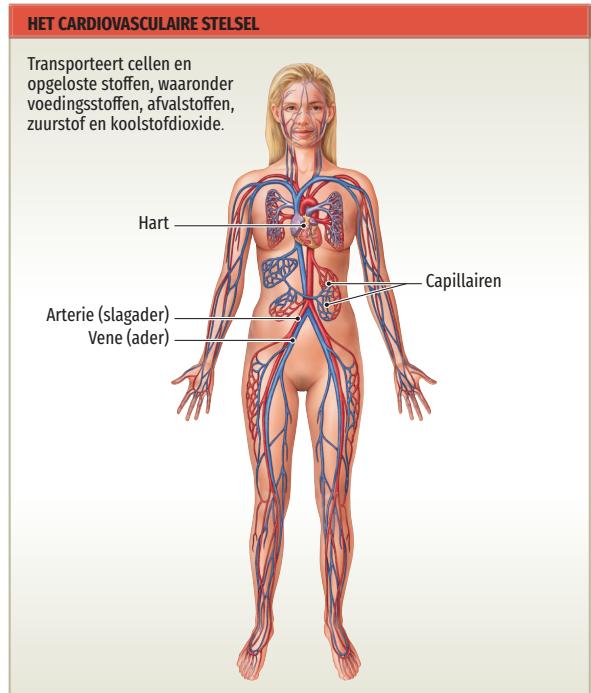
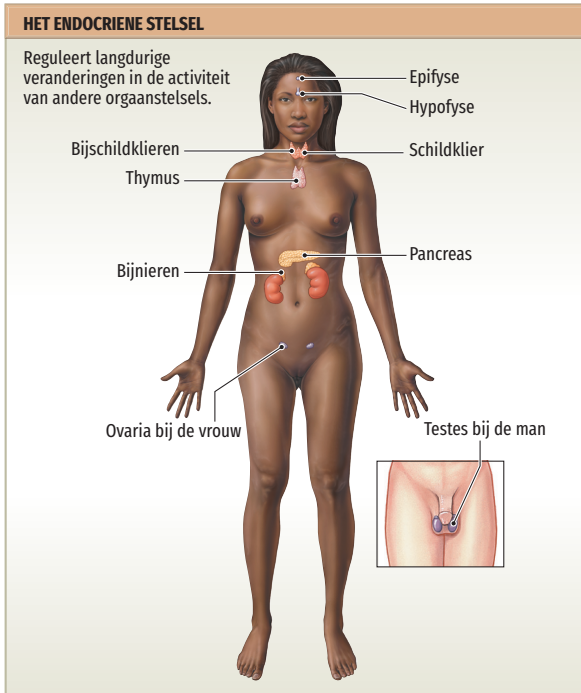
1.4 Het menselijk lichaam bestaat uit elf orgaanstelsels

Leerdoel: De elf orgaanstelsels van het menselijk lichaam en hun belangrijkste functies noemen.

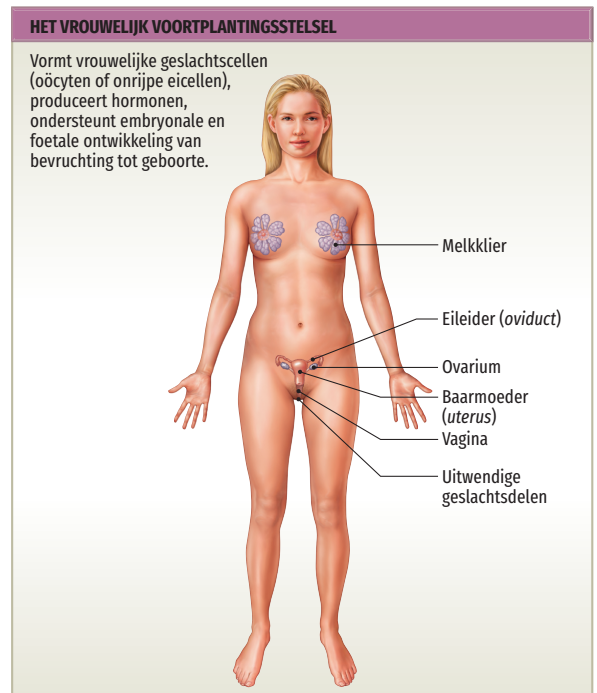
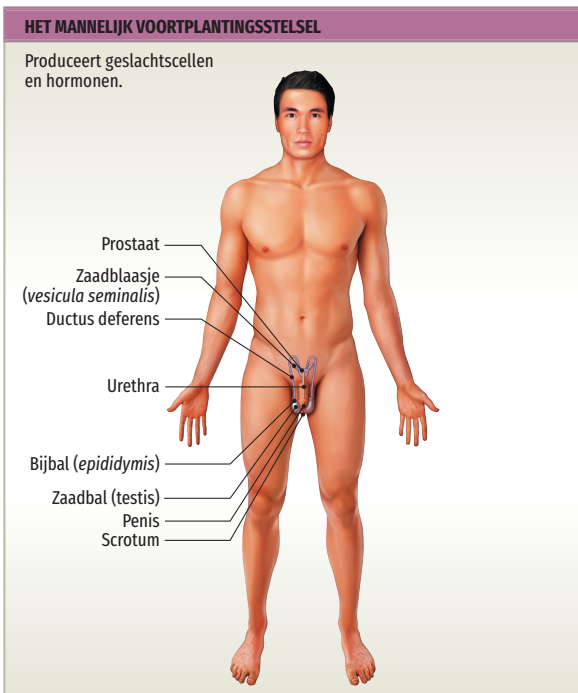
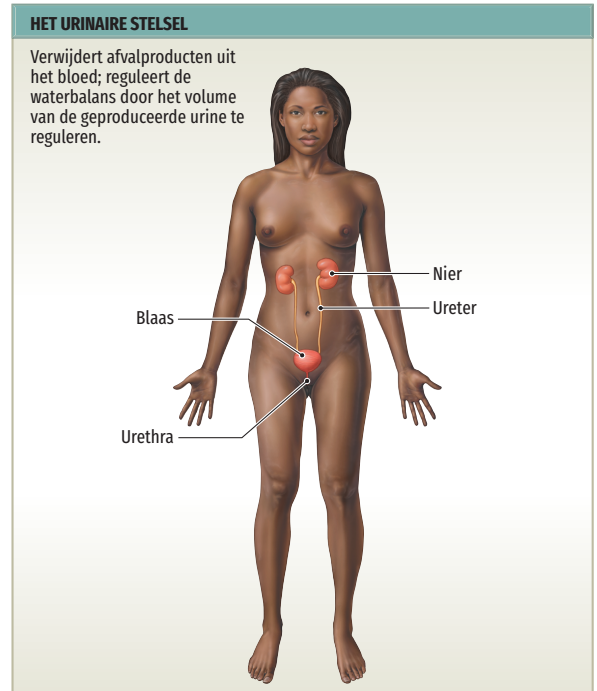
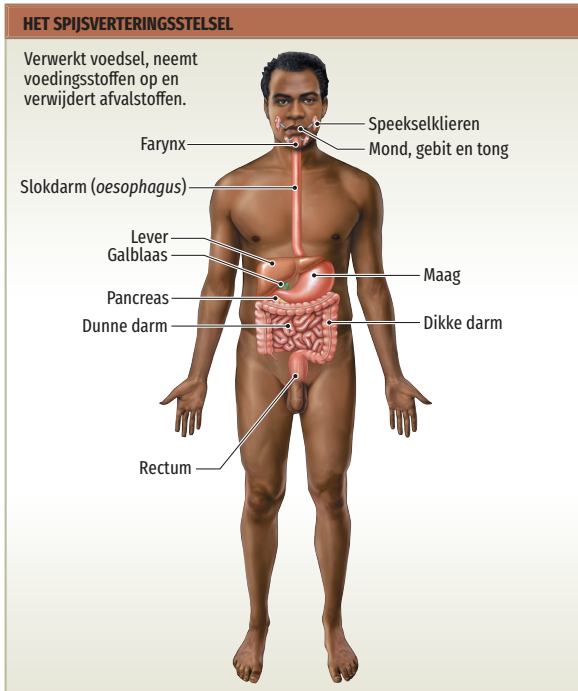
In figuur 1-2 • staat een inleiding tot de elf orgaanstelsels in het menselijk lichaam en hun belangrijkste functies. Deze orgaanstelsels zijn (1) de huid, (2) het beenderstelsel, (3) het spierstelsel, (4) het zenuwstelsel, (5) het endocriene stelsel, (6) het cardiovasculaire stelsel, (7) het lymfestelsel, (8) het ademhalingsstelsel, (9) het spijsverteringsstelsel, (10) het urinaire stelsel en (11) het voortplantingsstelsel.



Figuur 1-2 De orgaanstelsels van het menselijk lichaam



Figuur 1-2 (vervolg)



Figuur 1-2 (vervolg)

INZICHTVRAGEN

- 5 Uit hoeveel orgaanstelsels is het lichaam opgebouwd? Geef de namen van deze orgaanstelsels en noem hun belangrijkste functies.
- 6 Welk orgaanstelsel omvat de hypofyse en reguleert de langetermijnveranderingen in de activiteit van de andere orgaanstelsels van het lichaam?
De antwoorden zijn te vinden in bijlage 1 achter in het boek.

1.5 Homeostase is het streven naar intern evenwicht

Leerdoel: Het begrip 'homeostase' verklaren.

Orgaanstelsels zijn onderling afhankelijk, onderling verbonden en ze nemen een betrekkelijk kleine ruimte in. De cellen, weefsels, organen en orgaanstelsels van het lichaam werken samen in een gezamenlijke omgeving. Net zoals de mensen in een grote stad die dezelfde lucht inademen en water drinken dat afkomstig is van een plaatselijk waterbedrijf, nemen de cellen in het menselijk lichaam zuurstof en voedingsstoffen op uit de lichaamsvloeistoffen waardoor ze zijn omgeven. Alle levende cellen staan in contact met bloed of een andere lichaamsvloeistof en elke verandering van de samenstelling van deze vloeistoffen zal op een of andere wijze op de cellen van invloed zijn. Wanneer bijvoorbeeld de temperatuur of het zoutgehalte van het bloed verandert, kan dit allerlei gevolgen hebben, uiteenlopend van een geringe aanpassing (het hartspierweefsel trekt vaker samen en de hartslag neemt toe) tot een complete ramp (het hart stopt met kloppen).

Veel uiteenlopende fysiologische reacties werken samen om potentieel gevaarlijke veranderingen in de omgeving binnen het lichaam te voorkomen. Onder **homeostase** (*homeo*, onveranderlijk en *stasis*, stilstaand) wordt het bestaan van een stabiel intern milieu verstaan. Om te overleven, moet elk levend organisme homeostase handhaven. Onder de term homeostatische regulering worden de aanpassingen van de fysiologische systemen verstaan waardoor de homeostase wordt gehandhaafd.

Homeostatische regulering omvat meestal (1) een re-

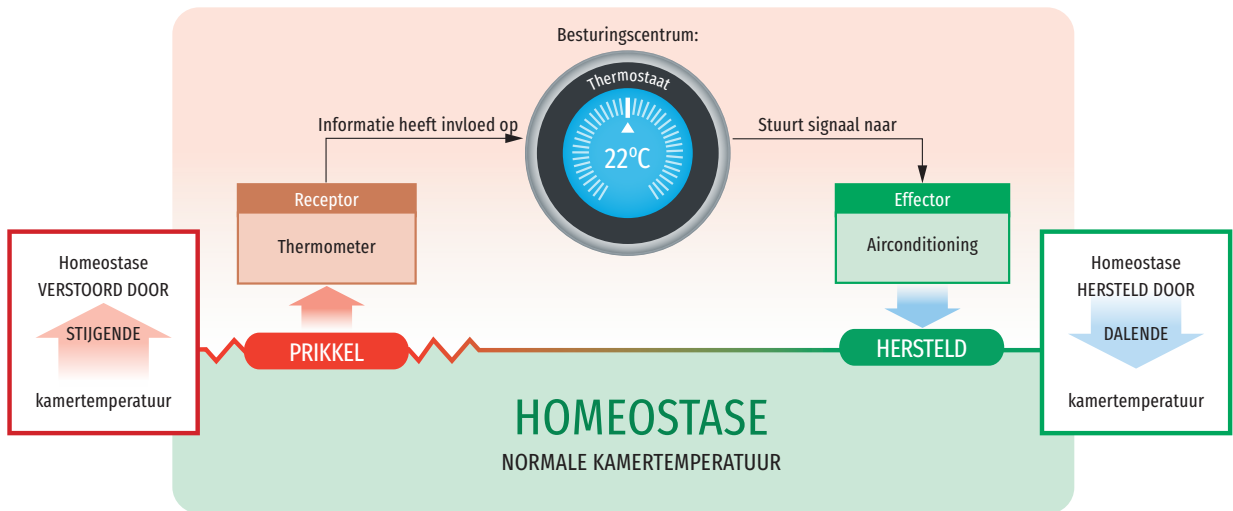
ceptor die gevoelig is voor een bepaalde verandering in de omgeving, oftewel een **prikkel** (stimulus); (2) een besturingscentrum, of *integratiecentrum*, dat informatie van de receptor ontvangt en verwerkt; (3) een **effector** (een cel of orgaan) die reageert op de signalen van het besturingscentrum en waarvan de werking de prikkel tegengaat of versterkt.

De meeste lezers zullen al wel bekend zijn met verschillende voorbeelden van homeostatische regulering, hoewel misschien niet met de term. Als voorbeeld kunnen we denken aan een thermostaat van een systeem voor airconditioning (figuur 1-3●). De thermostaat is een besturingscentrum dat de kamertemperatuur regelt. Hij laat de ingestelde waarde zien, de 'ideale' temperatuur in de ruimte. De thermostaat heeft de taak de temperatuur in die ruimte binnen acceptabele grenzen te houden, meestal maximaal één graad afwijkend van de ingestelde temperatuur. De thermostaat ontvangt informatie van een receptor, een thermometer die aan de lucht in de ruimte is blootgesteld. Deze receptor stuurt een effector aan: de airconditioning. In de zomer leidt een stijging van de temperatuur boven de ingestelde temperatuur ertoe dat de thermostaat de airconditioning inschakelt, waarna de temperatuur in de ruimte daalt (figuur 1-3●). Zodra de thermometer registreert dat de temperatuur in de kamer weer (ongeveer) gelijk is aan de ingestelde temperatuur, schakelt de thermostaat de airconditioning weer uit. Het belangrijkste kenmerk van de temperatuurregulering door een thermostaat kan heel eenvoudig worden samengevat: een variatie buiten de gewenste spreiding wekt een automatische reactie op, waardoor de situatie wordt gecorrigeerd. Deze wijze van homeostatische regulering wordt **negatieve terugkoppeling** (negatieve feedback) genoemd, omdat de effector die door het besturingscentrum wordt geactiveerd een effect heeft dat *tegengesteld* is aan de oorspronkelijke prikkel.

INZICHTVRAGEN

- 7 Definieer het begrip homeostase.
- 8 Waarom is homeostatische regulering belangrijk voor een organisme?
- 9 Wat gebeurt er met het lichaam als de homeostase wordt verstoord?

De antwoorden zijn te vinden in bijlage 1 achter in het boek.



Figuur 1-3 De regeling van de kamertemperatuur

Als reactie op informatie van de thermometer (de receptor) activeert de thermostaat (het besturingscentrum) een reactie van de airconditioning (de effector), waardoor de normale temperatuur wordt hersteld. Als de kamertemperatuur hoger wordt dan de ingestelde temperatuur, schakelt de thermostaat de airconditioning aan en wordt de temperatuur weer normaal.

1.6 Negatieve terugkoppeling gaat afwijkingen ten opzichte van de normwaarden tegen, terwijl positieve terugkoppeling deze versterkt

Leerdoel: Beschrijven op welke wijze negatieve en positieve terugkoppeling bij homeostatische regulering zijn betrokken.

Door homeostatische regulering worden aspecten van het interne milieu aangestuurd die van invloed zijn op alle cellen in het lichaam. Meestal wordt een dergelijke regulering via negatieve terugkoppeling bereikt; positieve terugkoppeling komt minder vaak voor, omdat deze meestal leidt tot overmatige reacties.

1.6.1 Negatieve terugkoppeling

Het belangrijkste kenmerk van negatieve terugkoppeling is het volgende: ongeacht of de prikkel (bijvoorbeeld de temperatuur) bij de receptor toeneemt of afneemt, *wekt een waarde buiten de normale grenzen een automatische reactie op waardoor de situatie wordt gecorrigeerd.*

De meeste homeostatische reacties in het lichaam werken volgens negatieve terugkoppeling. Denk bijvoorbeeld eens aan de regulering van de lichaamstemperatuur, een proces dat *warmteregulatie* wordt genoemd (figuur 1-4•). Warmteregulatie betekent het wijzigen van de relatie tussen warmteverlies, dat voornamelijk aan het lichaamsoppervlak optreedt en warmteproductie, die in alle levende weefsels plaatsvindt. In het menselijk lichaam zijn skeletspieren de belangrijkste plaatsen waar lichaamswarmte wordt geproduceerd. Het warmteregulatiecentrum bevindt zich in de hersenen. Dit regulatiecentrum ontvangt informatie vanuit temperatuurreceptoren in de huid en in cellen van het regulatiecentrum. Bij de normale instelwaarde is de lichaamstemperatuur ongeveer 37° C. Als de lichaamstemperatuur hoger wordt dan 37,2 °C, richt de activiteit van het warmteregulatiecentrum zich op twee effectoren: (1) de gladde spieren in de wanden van de bloedvaten ter hoogte van de huid en (2) de zweetklieren. Het spierweefsel ontspant zich en de bloedvaten worden wijder (dilateren), waardoor meer bloed naar het lichaamsoppervlak stroomt; de zweetklieren gaan meer transpiratievocht afscheiden. Daarna werkt de huid als een radiator en staat die warmte aan de omgeving af. Door de verdamping van zweet wordt de warmteafgifte versneld. Als de lichaamstemperatuur