

Het ademhalingssysteem

Leerdoelen

Na bestudering van dit hoofdstuk kan de leerling:

- de twee functies van de ademhaling noemen;
- uitleggen op welke manier borstademhaling en buikademhaling tot stand komen;
- beschrijven hoe het ademcentrum reageert op de concentratie van koolzuur in het bloed;
- een viertal oorzaken noemen van benauwdheid;
- de bouw van de luchtwegen beschrijven en van de afzonderlijke onderdelen de functie noemen.

2.1 De ademhaling

Onder ademhaling verstaan we het afwisselend in- en uitademen. Bij de inademing door de neus of de mond gaat de lucht via de luchtwegen naar de longblaasjes, waar de zuurstof uit de lucht overgaat in het bloed. Bij de uitademing wordt het koolzuurgas (een afvalproduct van de celstofwisseling) dat door het bloed aan de longblaasjes is afgegeven via de luchtwegen uitgeademd. Hoe gaat dat precies? Dat gebeurt door de **ademhalingsbewegingen**, figuur 3.2.1.

2.1.1 Inademing

Als de inhoud van de borstkas wordt vergroot, kunnen de longen ook groter worden, de lucht van buitenaf aanzuigen en zich daarmee vullen.

Hoe wordt de inhoud van de borstkas groter?

- Door de schuin naar beneden staande ribben meer horizontaal te brengen (door spierwerking) wordt de borstkas dieper (*borstademhaling*).
- Door het middenrif platter te maken en iets naar beneden te verplaatsen (door spierwerking). Hierdoor wordt tevens de buikholte kleiner en komt de buikwand naar voren (*buikademhaling*).

2.1.2 Uitademing

Als de ademhalingsspieren weer verslappen, zakken de ribben. Dit gebeurt door hun eigen gewicht (passief), maar kan ook gebeuren door samentrekking van de binnenste tussenribspieren. Bovendien komt het middenrif weer omhoog door de toegenomen druk in de buikholte bij de inademing. De ruimte in de borstkas wordt daardoor kleiner en de lucht wordt weer uitgedreven.

Het verdrijven van de lucht uit de longblaasjes gebeurt vooral doordat de longblaasjes kleiner worden. Omdat de wand van de blaasjes elastisch is, waren ze bij de inademing uitgerekt. Is de 'rek eruit', zoals bij longemfyseem, dan gaat het uitademen moeilijker.

Opdracht

- 3 a** Tracht te achterhalen van welke adembeweging er sprake is wanneer je:
- niest;
 - hoest;
 - zucht;
 - geeuwt;
 - hikt.
- b** In welke situaties treden deze bewegingen op?

3.2.1 Ademhalings-

bewegingen:

I = uitademing,

II = inademing

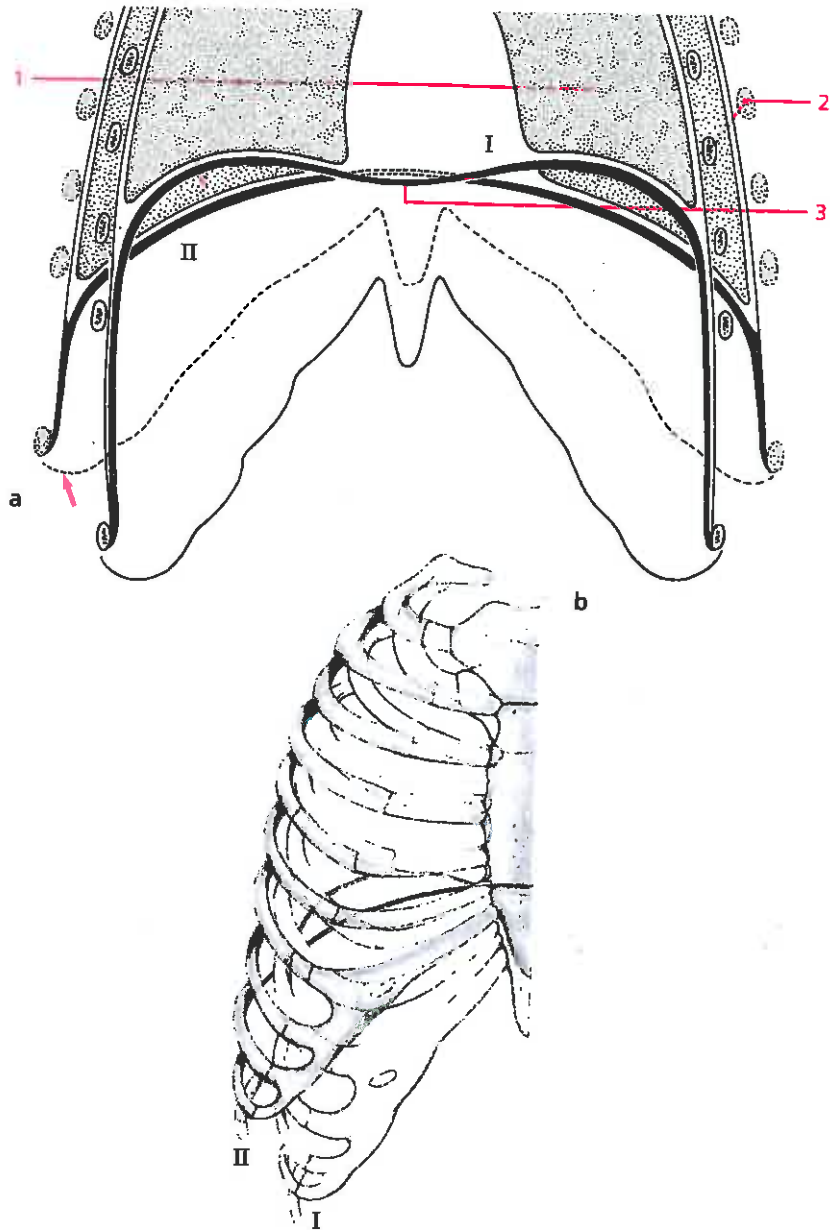
a Bewegingen van het
middenrif

b Bewegingen van de
ribben

1 longen

2 ribben

3 middenrif



2.1.3 Regeling van de ademhaling

De in- en uitademingen volgen elkaar met een zekere regelmaat op. Dit wordt geregeld door het *ademcentrum in het verlengde merg* (zie thema 4, hoofdstuk 1). Normaal haalt iemand die gezond is adem met een regelmaat van ongeveer *vijftien keer per minuut*. Het ademritme kan zich echter wel aanpas-

sen aan een wisselende behoefte waarbij vooral koolzuur een rol speelt. Het koolzuur in het bloed *prikkelt* het ademcentrum. Stijgt het koolzuurgehalte in het bloed, dan wordt de ademhaling dieper om het teveel aan koolzuur te kunnen uitademen (*Kussmaul-ademhaling* bij een diabetisch coma). Een laag zuurstofgehalte in het bloed zal het ademcentrum maar weinig prikkelen; bij een

verblijf in het hooggebergte, waar de lucht 'ijl' is, gebeurt dit wel.

Het toedienen van extra zuurstof aan mensen die moeite hebben met het uitademen (patiënten met longemfyseem) kan gevaarlijk zijn. De extra zuurstof wordt in het lichaam omgezet in extra koolzuur die dus extra uitgeademd moet worden, en dat is nu juist bij deze patiënten het probleem.

Naast inspanning geeft ook opwinding of angst een snellere ademhaling.

Het ligt voor de hand dat patiënten klagen over *kortademigheid* of *benauwdheid* wanneer óf de inademing óf de uitademing wordt bemoeilijkt door afwijkingen of ziekten van:

- de luchtwegen (bijvoorbeeld vernauwing) en de longen (bijvoorbeeld ontstekingen);
- de borstspieren (bijvoorbeeld verlammingen);
- de ribben (bijvoorbeeld botbreuk);
- het middenrif (bijvoorbeeld verlamming).

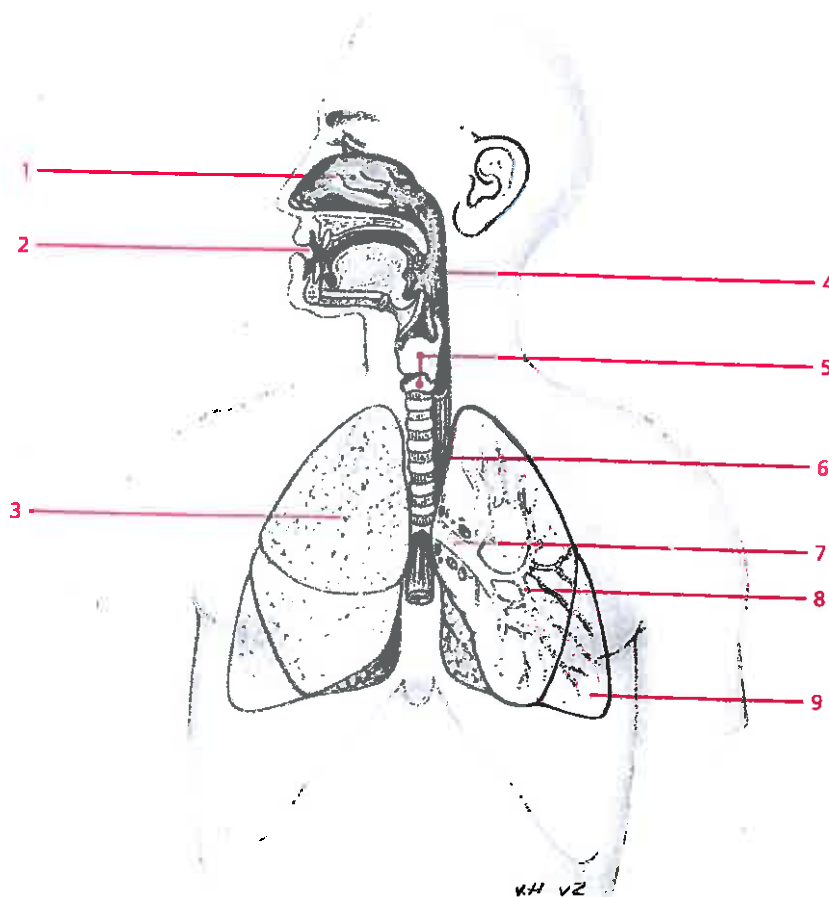
Bij gezonde ademhalingsorganen zullen mensen last van benauwdheid hebben wanneer de ingeademde lucht niet voldoende zuurstof bevat.

Opdracht

- 4 Geef voor de volgende situaties aan of er sprake zal zijn van een diepe of een snelle ademhaling. Leg ook uit waarom.
- a In een rokerige ruimte.
 - b Op een hoge bergtop.

3.2.2 De luchtwegen

- 1 neusholte
- 2 mondholte
- 3 rechterlong
- 4 keelholte
- 5 strottenhoofd
- 6 luchtpijp
- 7 linker hoofdbronchus
- 8 grote bronchi
- 9 longblaasjes



2.2 De luchtwegen

De luchtwegen, figuur 3.2.2, (zie bladzijde 71) bestaan uit neus- en mondholte, keelholte, strottenhoofd, luchtpijp, luchtpijpvertakkingen en longen.

2.2.1 Neus- en mondholte

Je kunt het beste door de neus ademen omdat de lucht dan wordt bevochtigd en voorverwarmd. Tevens worden stofdeeltjes tegengehouden.

2.2.2 Keelholte

In de keelholte kruisen de ademweg en de voedselweg elkaar. Het is belangrijk dat de luchtweg een open verbinding moet zijn. Je moet altijd kunnen ademen, behalve tijdens het slikken, zie figuur 2.1.6.

2.2.3 Strottenhoofd

De lucht passeert de stembanden. De stemspleet moet dus open staan, zie figuur 2.1.7. Voor een ruime ademhaling is ook de houding van de hals belangrijk. Om de ademweg vrij te houden, moet je het hoofd rechtop houden of naar achteren buigen. Dit is vooral van belang bij bewustelozen en bij mond-op-mondbeademing.

2.2.4 Luchtpijp

De luchtpijp (trachea) ligt vóór de slokdarm en in de borstholte tussen de beide longen. De luchtpijp is aan de binnenkant bekleed met trilhaardragend slijmvlies. Tevens bevinden zich in de wand vele klieren voor de productie van slijm en dun waterig vocht.

In de wand van de luchtpijp bevinden zich op regelmatige afstanden kraakbenige verstevigingen. Deze structuren zijn kenmerkend zijn voor de luchtpijp en de grotere vertakkingen (in de kleinere vertakkingen is er nog slechts sprake van kraakbeenschilfers). Ze hebben een hoefijzervorm met de open kant

naar achteren en zorgen ervoor dat de *ademweg altijd open* blijft staan.

In de achterwand van de luchtpijp, daar waar geen kraakbeen zit, bevindt zich glad spierweefsel. Hier ligt de slokdarm tegenaan. Daardoor is het mogelijk dat een voedselbrok, die in de slokdarm blijft steken, de luchtpijp vanaf de achterkant dichtdrukt. Je kunt daardoor stikken.

Het slijmvlies van de ademweg is bijzonder gevoelig. Zodra daar een stofje of slijmpropje op terecht komt, wekt dat een sterke *hoestprikkel* op. Je probeert dan krachtig uit te ademen, terwijl de stemspleet gesloten is. Je moet dus persen. Door plotseling de stemspleet te openen ontstaat er een zeer krachtige luchtstroom, die veelal het prikkelende voorwerp zal meevoeren naar buiten toe.

2.2.5 Luchtpijpvertakkingen (bronchi)

In de borstholte splitst de luchtpijp zich in twee *hoofdbronchi* (bronchus = enkelvoud), die elk naar een van de longen gaan, figuur 3.2.3.

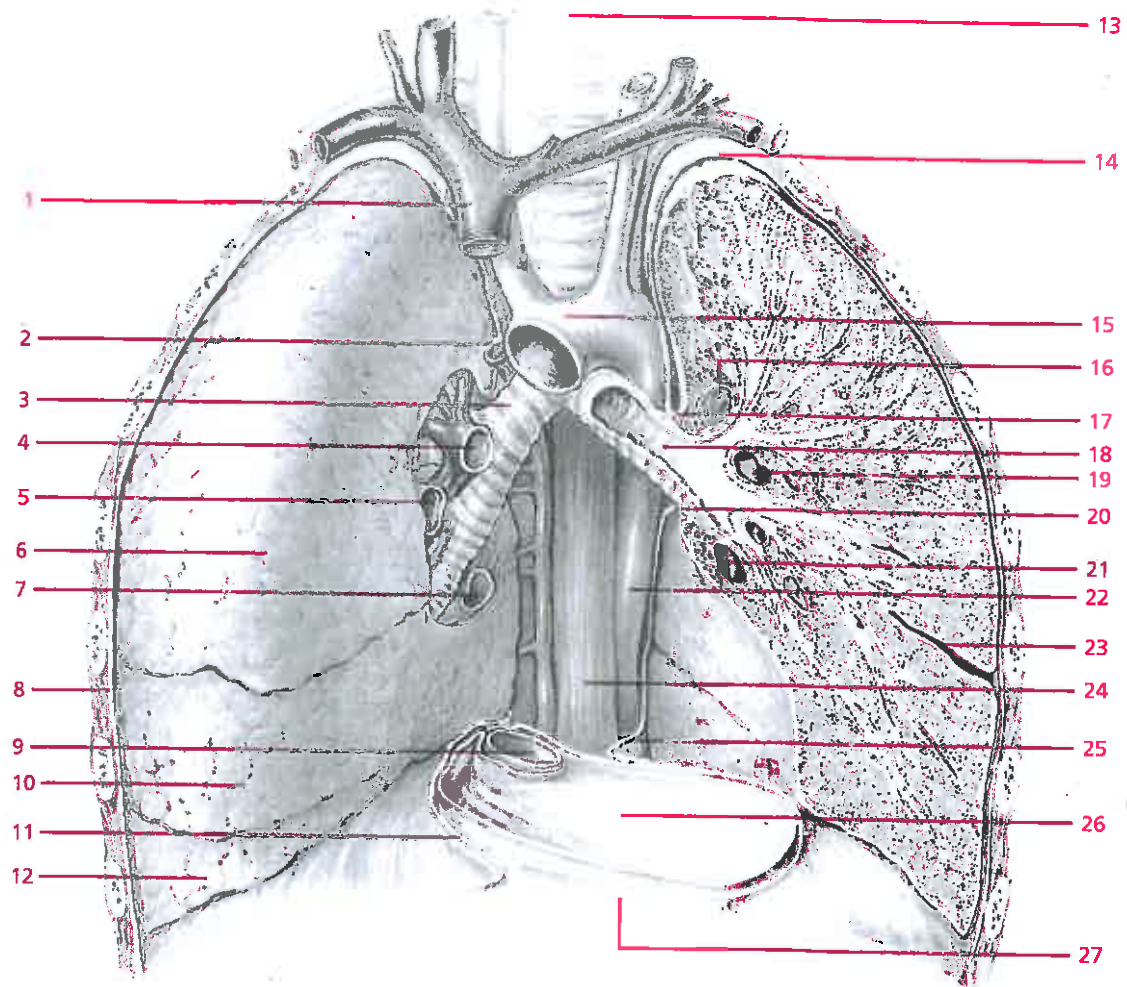
De hoofdbronchi splitsen zich verder in de *grote bronchi* voor de longkwabben, rechts drie en links twee. Deze vertakken zich telkens in twee kleinere takken, zoals je ook bij een boom kunt zien, figuur 3.2.3.

Het slijmvlies bestaat nog steeds uit trilhaarepitheel.

De kleinste vertakkingen noemen we *bronchioli* (bronchiolus = enkelvoud). De wand bevat vrij veel gladde spiertjes die, wanneer ze zich samentrekken, de bronchioli kunnen vernauwen. Dit gebeurt normaal een klein beetje bij de uitademing, terwijl bij de inademing de bronchioli zich verwijden. Onder bepaalde omstandigheden echter kunnen deze spiertjes in een *kramptoestand* geraken, waardoor de passage van lucht ernstig belemmerd wordt. Dit treedt bijvoorbeeld op tijdens een *astma-aanval*.

2.2.6 Longen

De bronchioli gaan over in het longweefsel, dat hoofdzakelijk bestaat uit longblaasjes met een uiterst dunne wand.



3.2.3 Overzicht van de longen en de pleuraholte; het hart is verwijderd

- | | |
|---|---|
| <i>1 bovenste holle ader</i> | <i>12 onderkwab van de rechterlong, bekleed met longvlies</i> |
| <i>2, 17 en 20 omslagranden van longvlies en borstvlies op de longhilus</i> | <i>13 luchtpijp</i> |
| <i>3 en 18 hoofdbronchus</i> | <i>15 en 22 aorta</i> |
| <i>4 en 16 longslagaders</i> | <i>23 groeve tussen boven- en onderkwab van de linkerlong</i> |
| <i>5, 7, 19 en 21 longaders</i> | <i>24 slokdarm</i> |
| <i>6 bovenkwab van de rechterlong, bekleed met longvlies</i> | <i>26 bodem van het hartzakje</i> |
| <i>8, 11, 14 en 25 snijrand van het borstvlies</i> | <i>27 middenrif</i> |
| <i>9 onderste holle ader</i> | |
| <i>10 middenkwab van de rechterlong, bekleed met longvlies</i> | |

Om de longblaasjes heen ligt een bijzonder dicht haarvatennet, dat de verbinding vormt tussen de longslagader en de longader. In de haarvaten wordt *zuurstof* opgenomen in het bloed en *koolzuur* afgegeven aan de buitenlucht, figuur 3.2.4.

De plaats waar de luchtwegen en de longslagaders de long binnenkomen en de longaders de long verlaten heet *longhilus*, zie figuur 3.2.3. In de hilus van de longen bevinden zich ook de *lymfeklieren* van de longen, die de lymfe uit de longen opvangen.

Om de long bevindt zich een dubbel slijmvlies, zie figuur 3.2.3. Om dit goed te begrijpen moet je je voorstellen dat de long als het ware is ingegroeid in een ballon, waarbij die ballon wordt ingestulpt. Het deel van het dubbelwandige vlies dat in contact is met het longweefsel is het *longvlies*. Het is stevig met de long vergroeid. Het andere vlies, het *borstvlies*, is vergroeid met de borstwand en het diafragma. De beide vliezen (*pleurabladen*) liggen normaal tegen elkaar met alleen een heel dun vochtlaagje ertussen. Daardoor kunnen ze bij het ademen over elkaar schuiven.

Een ontsteking van de pleura noemen we



3.2.4 Longblaasjes

- 1 bronchiolus
- 2 longblaasjes
- 3 haarvatennet om de longblaasjes

pleuritis. Bij een droge pleuritis doet het schuiven van de pleurabladen tijdens de ademhaling pijn. Bij een natte pleuritis is dit niet het geval, omdat er dan vocht tussen beide vliezen aanwezig is.

2.3 Begrippenlijst

trachea	luchtpijp
bronchus	luchtpijpvertakking
bronchiolus	kleinste luchtpijpvertakking
pleurabladen	de beide slijmvliesen om de longen
pleuritis	ontsteking van de pleura

Het circulatiesysteem

Leerdoelen

Na bestudering van deze paragraaf kan de leerling:

- drie soorten cellen noemen die in het bloed voorkomen;
- het verschil tussen bloedplasma en serum uitleggen;
- de belangrijkste functie en de voor deze functie noodzakelijke stof van de rode bloedlichaampjes noemen;
- uitleggen hoe het komt dat slechts een kleine hoeveelheid koolmonoxide kan leiden tot de dood;
- drie plaatsen noemen waar rode bloedlichaampjes worden gemaakt;
- de belangrijkste functie van de witte bloedlichaampjes noemen;
- het proces van fagocytose beschrijven;
- de belangrijkste functie van de bloedplaatjes weergeven;
- uitleggen wat er bedoeld wordt met bezinkingsnelheid;
- het belangrijkste stollingselwit noemen, alsmede twee andere bloedeiwitten;
- zeven functies van het bloed noemen;
- uitleggen wat er bedoeld wordt met een antigeen en met een antilichaam en hun reactie met elkaar;
- uitleggen wat er bedoeld wordt met immuniteit;
- het verschil tussen actieve en passieve immuniteit verklaren;
- uitleggen wat er bedoeld wordt met een allergie;
- vier bloedgroepen noemen;
- verklaren waarom bloedgroep 0 een universele donor en bloedgroep AB een universele ontvanger is;
- globaal uitleggen welke problemen zich kunnen voordoen bij de zwangerschap van een Rh⁺-kind bij een Rh⁻-moeder;
- twee factoren noemen waardoor bij een verwonding bloedverlies beperkt wordt;
- op globale wijze het proces van de bloedstolling beschrijven;
- uitleggen wat hemofilie en trombose betekenen;
- de drie lagen waaruit de hartwand is opgebouwd noemen;
- in een doorsnede van het hart de volgende delen aanwijzen en de functie van deze delen noemen:
 - linkerkamer;
 - linkerboezem;
 - rechterkamer;
 - rechterboezem;
 - aorta;
 - holle aders;
 - longslagaders;
 - longaders;
 - kleppen;

- de bloedvoorziening van de hartwand beschrijven;
- uitleggen hoe het komt dat het hart als pomp functioneert, waardoor er een gelijkmatige bloedstroom ontstaat;
- uitleggen wat er bedoeld wordt met systole en diastole;
- het verschil tussen slagaders, aders en haarvaten uitleggen wat betreft:
 - hun functie;
 - hun bouw;
 - de samenstelling van het bloed dat ze vervoeren;
- de grote bloedsomloop beschrijven;
- de kleine bloedsomloop beschrijven;
- uitleggen wat er bedoeld wordt met systolische en diastolische bloeddruk;
- twee factoren noemen waardoor de systolische bloeddruk beïnvloed wordt;
- twee factoren noemen waardoor de diastolische bloeddruk beïnvloed wordt;
- uitleggen wat de betekenis is van de spierpomp;
- vier oorzaken van circulatiestoornissen noemen;
- uitleggen hoe lymfe ontstaat;
- uitleggen hoe het komt dat er alleen afvoerende lymfebuizen bestaan;
- uitleggen wat lymfeklieren zijn en welke functie ze hebben;
- de belangrijkste groepen regionale lymfeklieren noemen en hun plaats aanwijzen;
- twee hoofdfuncties van de milt noemen;
- uitleggen hoe het komt dat de milt als bloedreservoir kan dienen.

3.1 Het bloed

3.1.1 De samenstelling van het bloed

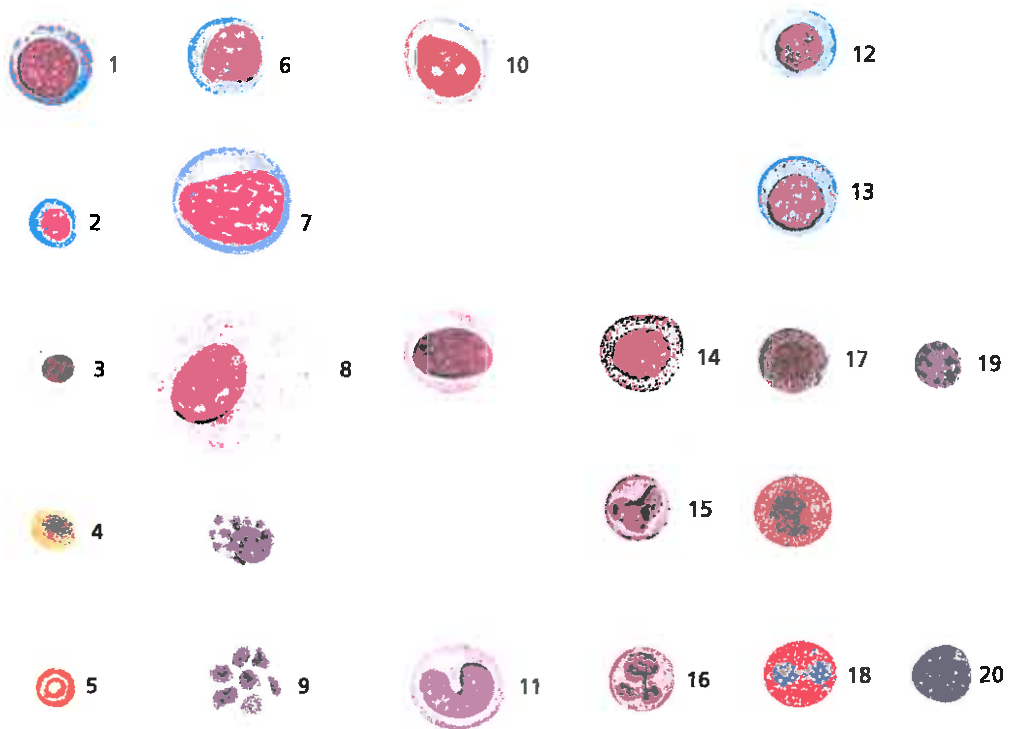
Bloed is een vrij dikke, ondoorschijnende, roodgekleurde, vloeibare massa. Het bestaat uit *vaste bestanddelen* (rode en witte bloedlichaampjes en bloedplaatjes), zwevend in een *vloeistof* (plasma).

De rode bloedlichaampjes (erythrocyten)

In normale omstandigheden zijn er ± 5 miljoen rode bloedlichaampjes in 1 mm^3 bloed. Het zijn kleine platte schijfjes met een doorsnede van ongeveer $0,007 \text{ mm}$. In het midden zit een putje, de zogenoemde *delle*. Het zijn de enige cellen in ons lichaam die *geen kernen* bezitten, figuur 3.3.1. Ze worden gemaakt in het *rode beenmerg* van

de platte en onregelmatige beenderen, zoals ribben, borstbeen, schedeldak, wervels en darmbeen.

De rode bloedlichaampjes veroorzaken de rode kleur van het bloed. Ze zijn namelijk gevuld met rode bloedkleurstof of **hemoglobine**. Hemoglobine is *ijzerhoudend* en heeft de eigenschap zeer snel grote hoeveelheden *zuurstof* te binden. Dit gebeurt in de longen. Deze met zuurstof beladen erythrocyten gaan met het bloed naar de weefsels van het lichaam, waar de hemoglobine de zuurstof weer afstoot. Het nu zuurstofarme bloed zal dan *koolzuurgas* opnemen, dat voornamelijk in het *plasma* wordt vervoerd en dus niet is gebonden aan de rode bloedlichaampjes. In de longen komt het koolzuurgas weer vrij en ontwijkt in de uitademingslucht. Sommige stoffen, zoals *koolmonoxide* (onder meer in kolendamp), hebben een nog veel



3.3.1 De ontwikkeling van enkele bloedcellen

- 1 t/m 5 ontwikkelingsstadia rode bloedlichaampjes
 6 t/m 9 ontwikkelingsstadia bloedplaatjes
 10 t/m 20 ontwikkelingsstadia witte bloedlichaampjes

grotere bindingskracht met de hemoglobine dan zuurstof. De hemoglobine die koolmonoxide gebonden heeft is daarmee geblokkeerd voor het vervoer van zuurstof. Daardoor wordt het begrijpelijk dat zelfs een betrekkelijk kleine hoeveelheid koolmonoxide in de ademlucht op den duur toch een grote hoeveelheid hemoglobine zal bezetten. De patiënten krijgen hierdoor ademnood en kunnen stikken, zonder dat er een tekort aan zuurstof is in de inademingslucht.

Na verloop van tijd, ongeveer *120 dagen*, vallen de erythrocyten uiteen, doordat hun wand barst. De celresten worden daarna opgenomen door andere cellen en vernietigd.

Het begin van dit proces speelt zich af in de milt (zie paragraaf 3.3).

Opdracht

- 5 a** Reken eens uit hoeveel rode bloedlichaampjes er in het bloed voorkomen (ga ervan uit dat een mens vijf liter bloed heeft).
b Een rood bloedlichaampje leeft ongeveer 120 dagen. Hoeveel rode bloedlichaampjes worden er dan per seconde in het beenmerg gemaakt?

De witte bloedlichaampjes (leukocyten)

Van de witte bloedlichaampjes, zie figuur 3.3.1, komen er 6000–8000 in 1 mm³ bloed voor. Ze worden in hoofdzaak gevormd in het *rode beenmerg*. Witte bloedlichaampjes spelen een belangrijke rol bij de *verdediging*

van het lichaam tegen binnendringende bacteriën of vreemde stoffen. Ze kunnen van vorm veranderen, de bloedvaten door de wand heen verlaten en zich verplaatsen in de weefsels om zo een door bacteriën of een vreemd lichaam bedreigde plaats te bereiken. Naast een plaatselijke concentratie doet zich daarbij ook een algemene, dus totale vermeerdering van leukocyten voor door een verhoogde productie in het beenmerg. Dit is aan te tonen door bloedonderzoek. Ze bestrijden de bacteriën door ze in zich op te nemen en te verteren (**fagocytose**). De leukocyten worden daarom ook wel de politie-agenten van het lichaam genoemd.

De bloedplaatjes (trombocyten)

Van de bloedplaatjes, zie figuur 3.3.1, komen er ongeveer 250.000 in 1 mm³ bloed voor. Ze spelen een onmisbare rol bij de *bloedstolling*. Het zijn kleine schilfertjes met een zeer grillige vorm, ongeveer half zo groot als de erythrocyten. Hun wand is zeer dun en kwetsbaar. Zodra ergens beschadiging van weefsel optreedt, vallen ter plaatse de trombocyten uiteen. De stof die ze bevatten, **trombokinas**, komt dan vrij. Dat is een stof die nodig is voor de bloedstolling. De bloedplaatjes worden ook gemaakt in het *rode beenmerg*.

De bloedvloeistof (plasma)

We hebben gezegd dat bloed bestaat uit vloeistof met daarin de bloedcellen als vaste bestanddelen. Wanneer de vaste bestanddelen en de vloeistof van elkaar worden gescheiden, wanneer de vaste bestanddelen er dus uit worden gehaald, blijft een heldere, gelige vloeistof over: het plasma. Dit kun je doen door het *bloed* te centrifugeren of – na het *onstolbaar* gemaakt te hebben – door het een tijdlang te *laten staan* in een lange dunne buis met maatvoering in millimeters. De vaste bestanddelen zakken dan uit tot op de bodem. De snelheid waarmee dat gebeurt is de *bezinkingsnelheid*, aangegeven in mm per uur.

Wanneer je een hoeveelheid bloed in een

glazen puntbuis doet en laat *stollen*, vormt zich een bloedklont (*stolsel*) met daaraan een vloeistof die we *serum* noemen. In het laatste geval is het in het bloed aanwezige *stollingseiwit*, fibrinogeen, verbruikt voor de stolling.

Kort weergegeven:

- plasma = bloed zonder cellen;
- serum = plasma zonder stollingseiwitten.

Opdracht

- 6 Bij een ontsteking in het lichaam is de bezinkingsnelheid verhoogd. Dit betekent dat er (in eenzelfde tijd) meer vaste bestanddelen van het bloed uitzakken.
- Welke bestanddelen zijn dit?
 - Welke bestanddelen zullen bij een ontsteking meer voorkomen in het bloed?

Plasma bestaat voor het grootste gedeelte uit water (ruim 90% van de totale hoeveelheid), waarin een groot aantal zouten en mineralen zijn opgelost.

In deze 'waterige' bloedvloeistof komen veel eiwitten voor. Een daarvan, het stollingseiwit fibrinogeen, heb je al leren kennen. Bij verwijdering hiervan uit het plasma bleef immers serum over. Andere *belangrijke eiwitten* zijn *albumine* en *globuline*.

Naast *water*, *zouten* en *mineralen* bevinden zich in het plasma ook stoffen die door het bloed vervoerd moeten worden ter instandhouding van de functies van de cellen, zoals *voedingsstoffen*, *hormonen* en *vitaminen*.

3.1.2 De functies van het bloed

Het bloed:

- brengt als *vervoersorgaan* zuurstof en voedingsstoffen naar alle cellen van het lichaam en neemt daar de afbraakproducten van de celstofwisseling weer op om deze naar de uitscheidingsorganen (nieren, longen en huid) te transporteren;
- fungeert als een soort *centrale verwarming*, omdat het de door de lichaamscel-

- len bij de verbranding geproduceerde warmte opneemt en rondvoert;
- *transporteert hormonen*, die de activiteit van bepaalde cellen en weefsels reguleren;
 - *houdt de samenstelling van het weefselvocht op een constant peil*;
 - bevat *afweermechanismen* en *afweerstoffen* voor de verdediging van het organisme tegen lichaamsvreemde stoffen, gifstoffen of ziektekiemen;
 - speelt een rol bij de *bloedstolling* in een wond;
 - levert de *grondstoffen* voor de producten die door de klieren met *uitwendige afscheiding* worden gemaakt en al wat door de uitscheidingsorganen wordt uitgescheiden; alles bij elkaar ruim 11 liter per 24 uur.

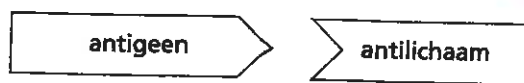
De normale hoeveelheid bloed van de mens is ongeveer 7,5% van zijn lichaamsgewicht. Dus iemand van 70 kg bezit ongeveer 5,3 liter bloed. Mensen met een groter gewicht hebben dan ook een grotere hoeveelheid bloed en een uitgebreider stroombed. Evenzo bezit een kind minder bloed dan een volwassene.

Opdracht

- 7 Wanneer iemand het warm heeft, krijgt hij vaak een rode kleur en wanneer hij het koud heeft een bleke kleur. Kun je, gelet op de functie van het bloed in de temperatuurregulatie, uitleggen hoe deze kleuren ontstaan?

3.1.3 Immuniteit en allergie

Wanneer stoffen die niet in het lichaam thuishoren – schadelijke en niet-schadelijke – erin binnendringen (het meest bekend zijn de ziektekiemen), kunnen bepaalde cellen daarop reageren met het maken van stoffen die zich tegen de binnendringende stoffen kunnen verzetten. Elke stof die binnendringt noemen we **antigeen**. Het lichaam reageert daarop met het maken van antistoffen of **antilichamen**. *Het antigeen gaat met het antilichaam een verbinding aan, waardoor het antigeen onschadelijk wordt gemaakt*, figuur 3.3.2.



3.3.2

Wanneer we spreken over *immuniteit*, bedoelen we onvatbaarheid of *niet meer gevoelig zijn* voor bijvoorbeeld ziektekiemen omdat het lichaam er antistoffen voor in voorraad heeft, ze zelf maakt of toegediend krijgt. De vorming van deze antistoffen tegen ziektekiemen kan op verschillende manieren plaatsvinden.

We maken onderscheid tussen *actieve immuniteit* en *passieve immuniteit*.

Actieve immuniteit

Het lichaam maakt zelf antistoffen:

- tegen binnendringende ziektekiemen; iemand moet dus eerst één keer ziek worden;
- na het toedienen van verzwakte of dode ziektekiemen – dit heet *vaccineren* – die het lichaam niet ziek maken, bijvoorbeeld: vaccinatie tegen rodehond, mazelen, difterie, kinkhoest, kinderverlamming, tetanus, pokken, tyfus, paratyfus en cholera.

Passieve immuniteit

Bij passieve immuniteit krijgt iemand antistoffen zonder ze zelf te maken:

- het kind heeft ze vóór de geboorte van de moeder overgenomen;
- ze worden via een seruminjectie toegediend wanneer iemand ziek is en zelf weinig of geen of niet snel genoeg antilichamen kan maken, bijvoorbeeld bij difterie, rodehond en slangenbeten.

Allergie

Is de antigeen/antilichaam-reactie dus meestal nuttig, ze kan ook vervelend zijn. We

noemen dit *allergie* (overgevoeligheid). Bij een allergische reactie kan iemand koorts, roodheid van de huid en pijnlijke gewrichten krijgen. Bekend zijn allergische reacties op geneesmiddelen, cosmetica, afwasmiddelen en planten (hooikoorts).

3.1.4 Bloedgroepen en resusfactor

Bloedgroepen

Het systeem van de bloedgroepen is door Landsteiner in 1900 ontdekt. Als de rode bloedlichaampjes van iemand worden gemengd met het serum van iemand anders, zoals in feite bij een bloedtransfusie gebeurt, dan vindt in sommige gevallen samenklontering plaats van de rode bloedlichaampjes van de *bloedgever* (donor). Deze rode bloedlichaampjes worden door de *ontvanger* beschouwd als lichaamsvreemde stoffen (antigenen) waartegen hij in zijn serum antilichamen heeft. Dit samenklonteren is dus te beschouwen als een antigeen/antilichaam-reactie.

Landsteiner ontdekte dat er bij mensen rode bloedlichaampjes voorkomen met verschillende eigenschappen en kwam zo tot *vier bloedgroepen*: *A*, *B*, *AB* en *O*. Bij het geven van bloedtransfusies waarin rode bloedlichaampjes zitten, dus zowel compleet bloed als erythrocyten-concentraat, moet rekening worden gehouden met dit verschil in bloedgroep.

Het blijkt dat het samenklonteren van rode bloedlichaampjes bij een bloedtransfusie alleen maar kan worden voorkomen door bloed te geven van dezelfde bloedgroep als de ontvanger heeft. Hierop zijn twee uitzonderingen:

- mensen met bloedgroep *O* kunnen dienen als donor voor alle andere bloedgroepen, de zogenoemde *universele donors* (hun erythrocyten bevatten namelijk geen antigeen);
- mensen die bloedgroep *AB* hebben kunnen bloed ontvangen van alle bloedgroepen, de zogenoemde *universele ontvangers* (hun serum bevat geen antilichamen).

Ook al zijn bij een bloedtransfusie de bloedgroepen van gever en ontvanger bekend en gelijk, toch zal altijd van tevoren worden nagegaan of de rode bloedlichaampjes van de gever en het serum van de ontvanger zonder enigerlei reactie kunnen worden samengebracht. Deze controle staat bekend als de **kruisproef**. Desondanks treden bij de ontvanger nog wel eens, meestal voorbijgaande, reacties op, zoals temperatuurstijging en koude rillingen.

Moeten de bloedvaten snel worden gevuld, dan kan in plaats van bloed ook eerst een plasma-infuus worden gegeven. Dan spelen de bloedgroepen natuurlijk geen rol omdat in plasma geen rode bloedlichaampjes zitten.

Resusfactor

Bij het geven van bloedtransfusies moet naast de bloedgroepen ook rekening worden gehouden met de resusfactor. Het blijkt dat ongeveer 85% van de mensen deze *factor in hun rode bloedlichaampjes* hebben; zij zijn **resuspositief** (Rh⁺). De andere 15% bezit deze factor niet en zijn dus **resusnegatief** (Rh⁻). Wanneer iemand die resusnegatief is meermalen een transfusie met positief bloed krijgt toegediend, kan dit aanleiding geven tot een heftige reactie.

De resusfactor heeft vooral betekenis in de verloskunde. Het kan gebeuren dat een resusnegatieve vrouw zwanger is van een resuspositief kind, wanneer de vader resuspositief is. Het Rh⁺-kind dat de moeder draagt kan bij haar antistoffen opwekken tegen de resusfactor. Deze antistoffen blijken nu door de moederkoek of nageboorte (placenta) heen in de circulatie van het kind te kunnen komen, waardoor de erythrocyten van het kind afgebroken worden ten gevolge van de antigeen/antilichaam-reactie in de rode bloedlichaampjes van het kind. Het kind krijgt dan bloedarmoede en kan hierdoor in levensgevaar komen te verkeren. Deze toestand komt zelden bij de eerste zwangerschap voor, meer bij de volgende zwangerschappen of wanneer de vrouw vroeger bloedtransfusies heeft ontvangen met resuspositief bloed.

Vroegtijdige herkenning en zelfs voorkomen hiervan is mogelijk door bloedonderzoek van de moeder vroeg in de zwangerschap. Daarbij kunnen tegenwoordig gelukkig alle 'resus-baby's' voor deze gevaren worden behoed door het geven van een wisseltransfusie vóór of na de geboorte.

3.1.5 De bloedstolling

Zodra er een verwonding optreedt waarbij bloedvaten beschadigd worden, treden er mechanismen in werking die ertoe leiden dat het bloedverlies zo gering mogelijk blijft. Deze mechanismen bevorderen dus de bloedstolling.

In de eerste plaats treedt er direct na de verwonding een kramp op van de spiervezels in de verwonde bloedvaten. Hierdoor worden de bloedvaten vernauwd, zodat de bloeding minder wordt. Deze *bloedvatvernauwing* kan zo sterk zijn dat er in het geheel geen bloeding optreedt. Dit gebeurt zelfs wanneer, bijvoorbeeld door grof geweld, een hand wordt afgerukt. De vaatkramp is sterker naarmate het geweld groter is. Een verwonding met een scherp mes leidt dan ook in het algemeen tot sterkere bloedingen dan een verwonding met een stomp mes of door een verscheuring van het weefsel.

Het tweede mechanisme dat in werking treedt is de **bloedstolling**. Direct na een verwonding kleven de bloedplaatjes (trombocyten) vast aan de binnenkant van de beschadigde bloedvaten. Ze gaan stuk en de stof *trombokinase* komt vrij. Zeer snel daarna, hoogstens na enkele minuten, wordt ter plaatse in het bloed een grote hoeveelheid kleverige vezels gevormd, die zich aan de randen van de wond hechten. Deze vezels, die bestaan uit *fibrine* (bloedvezelstof, afkomstig uit fibrinogeen), vormen een dicht netwerk in de wond. In de massa van dit net worden de *bloedcellen* (erythrocyten, leukocyten en trombocyten) gevangen. Hierdoor raken de mazen van het net verstopt en daarmee is de bloeding ten einde. Het zo gevormde *stolsel* is nog week. Binnen enkele

uren trekken de fibrinedraden zich samen, waardoor het stolsel wordt leeggeknepen als een spons. Al het vocht wordt er dan uit verwijderd. Wat er overblijft is een *droge korst*, die de wond bedekt. Onder de korst kan het weefsel zich herstellen, waarna de korst vanzelf zal afvallen.

Voor de stolling is contact met de buitenlucht door middel van een wond een vereiste! Bij een *inwendige bloeding*, bijvoorbeeld in borst- of buikholte, zal het bloed dan ook *vloeibaar blijven*. De darmholte rekenen we tot de buitenwereld. Daarom vindt bij een darmbloeding wel stolling van het bloed plaats.

Onder normale omstandigheden zal daarom ook geen bloedstolling optreden in niet-verwonde bloedvaten. Gebeurt dit wel, dan spreken we van *trombose*.

Bij sommige mensen is het stollingsmechanisme onvolledig ontwikkeld, waardoor het bloed niet kan stollen en ook de kleinste verwonding aanleiding geeft tot nauwelijks te stelpen bloedingen. Dit is het geval bij de *bloederziekte* (hemofilie).

3.2 Hart en bloedvaten

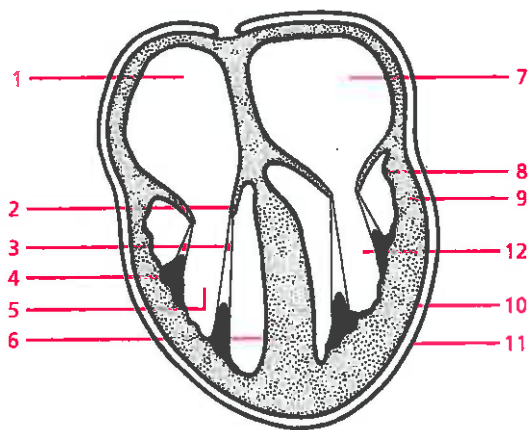
3.2.1 Het hart

Ligging en bouw van het hart

Het hart is gelegen in de borstholte tussen beide longen, en wel helemaal vooraan, iets links van het midden. Het is een hol orgaan met een wand die uit drie lagen bestaat:

- de binnenbekleding, het *hartvlies* (endocard);
- de *hartspier* (myocard);
- de dubbelwandige buitenbekleding, het *hartzakje*, met een binnenkant (epicard) en een buitenkant (pericard).

De ruimte binnen de wand van het hart wordt door een *tussenschot* (septum) in een linkerhelft en een rechterhelft verdeeld. De beide zo ontstane harthelften zijn ieder voor zich weer in tweeën verdeeld door *hartklep-*



3.3.3 Lagen van de hartwand

1 rechterboezem	7 linkerboezem
2 kleppen	8 endocard
3 peesjes	9 myocard
4 spiertjes	10 epicard
5 rechterkamer	11 pericard
6 harttussenschot	12 linkerkamer

pen. Zo onderscheiden we aan elke hARTHelft een *boezem* of *atrium* (boven) en een *kamer* of *ventrikel* (onder) met de hartkleppen als grens, figuur 3.3.3. We spreken daarom van een rechterboezem en een rechterkamer en een linkerboezem en een linkerkamer.

In het hart stroomt het bloed altijd van de boezem(s) naar de kamer(s). De omgekeerde richting is onmogelijk door de kleppen, die voor eenrichtingsverkeer zorgen en zich sluiten wanneer het bloed terug wil stromen. De kleppen tussen boezems en kamers zijn te beschouwen als ploolen van het hartvlies, uiterst dun en doorschijnend. Aan de vrije randen van deze kleppen zitten peesjes, die via kleine spieren vastzitten aan de binnenwand van de kamers, zie figuur 3.3.3. Ze voorkomen dat de hartkleppen bij het dichtklappen door zouden slaan.

Bij de uitgangen van het hart, waar de *slagaders het hart verlaten*, bevinden zich ook kleppen die het terugstromen van het bloed moeten voorkomen. Uit de linkerkamer komt de *grote lichaamsslagader (aorta)*, uit de

rechterkamer de *longslagader*. In elke boezem komt het rondgepompte bloed weer terug via een *aanvoerend bloedvat* (ader): in de linkerboezem de *longader* en in de rechterboezem de *onderste* en *bovenste holle ader*. Vanuit de linkerkamer stroomt het bloed door het gehele lichaam en komt het in de rechterboezem terug (de *grote bloedsomloop*), figuren 3.3.4 en 3.3.5. De rechterkamer stuwt het bloed naar en door de longen ter opname van de zo belangrijke zuurstof; het bloed komt terug in de linkerboezem (de *kleine bloedsomloop*), figuren 3.3.4 en 3.3.5.

Opdracht

- 8 Welke spierwand is het sterkst ontwikkeld, die van de linkerkamer of die van de rechterkamer? Waarom?

De bloedvoorziening van de hartwand

De hartspier heeft voor zijn activiteit natuurlijk óók voedingsstoffen en zuurstof nodig. Deze worden aangevoerd via de linker en rechter *kransslagader*, figuur 3.3.6 (zie bladzijde 85). De kransslagaders ontspringen als eerste vertakkingen van de aorta, vlak nadat deze de linkerkamer heeft verlaten en vertakken zich over de gehele hartspier. In de spierwand van het hart bevindt zich een zeer uitgebreid haarvatennet, zodat de hartwand een royale bloedvoorziening heeft. Het bloed uit de haarvaten wordt verzameld in een aantal kransaders, om teruggevoerd te worden naar de onderste holle ader.

Het functioneren van het hart

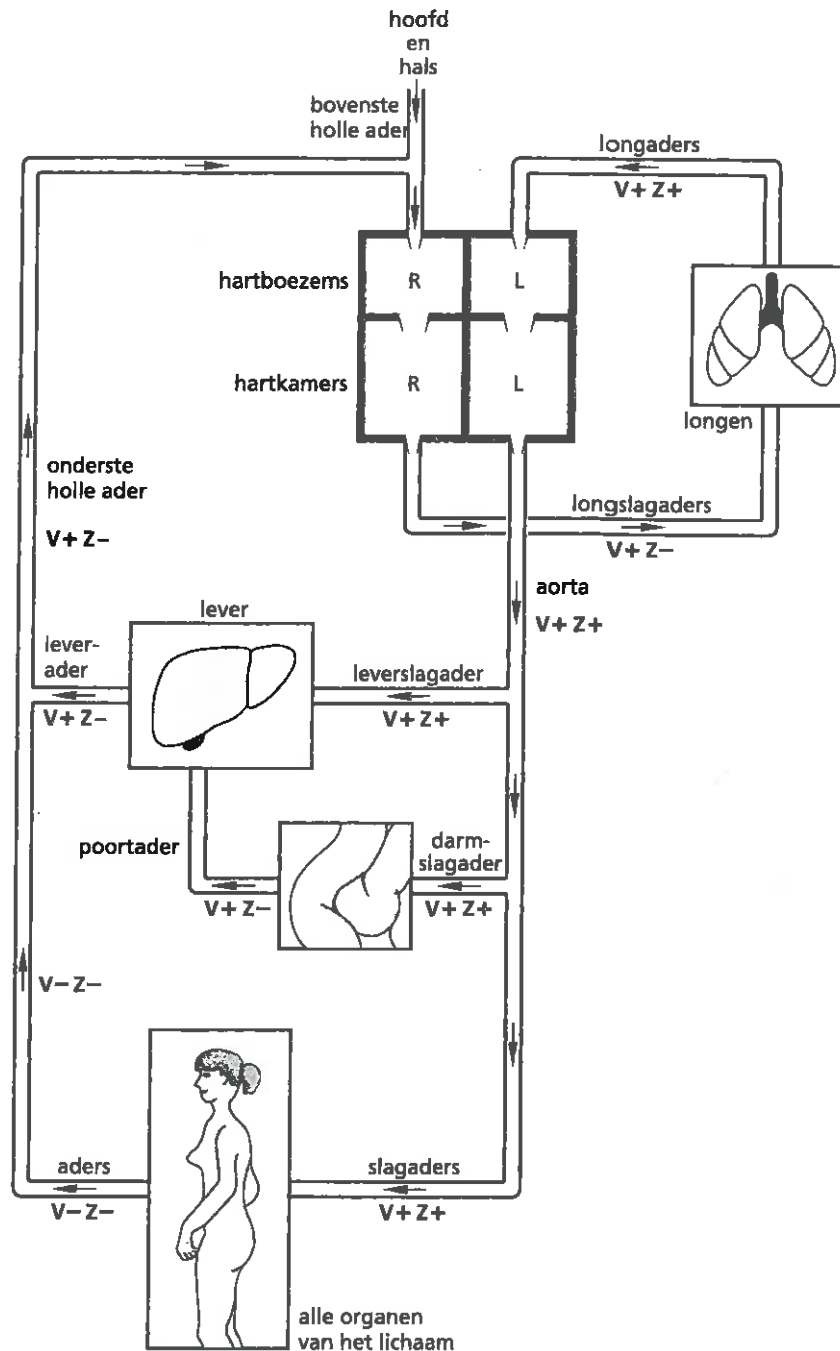
Het hart werkt als een dubbele *zuig-pers-pomp*. De beide boezems trekken zich tegelijkertijd samen, waardoor hun inhoud via de hartkleppen, die hierbij worden opengedruwd, overstroomt in de beide hartkamers. Deze bevinden zich op dat moment in een verslachte, ontspannen toestand, waardoor dus vulling mogelijk wordt. Daarna trekken de spierwanden van de beide kamers zich samen en wordt de inhoud in de afvoerende

3.3.4 Schematische weergave van de bloedsomloop

*V voedingsstoffen, zouten en mineralen
Z zuurstof
+ aanwezig in het bloed
- afwezig in het bloed*

N.B.

- *De darmslagader brengt V en Z naar de darmwandcellen 'om te leven'; dit geldt ook voor de leverslagader met betrekking tot de levercellen. Daarom is het bloed in darm- en leverader Z- en eigenlijk ook V-, maar in de haarvaten van de darm worden nieuwe voedingsstoffen uit het spijsverteringskanaal opgenomen en wordt het dus toch V+.*
- *Het gedeelte van de onderste holle ader vóór de inmondingsplaats van de leverader is V- en wordt daarna V+.*



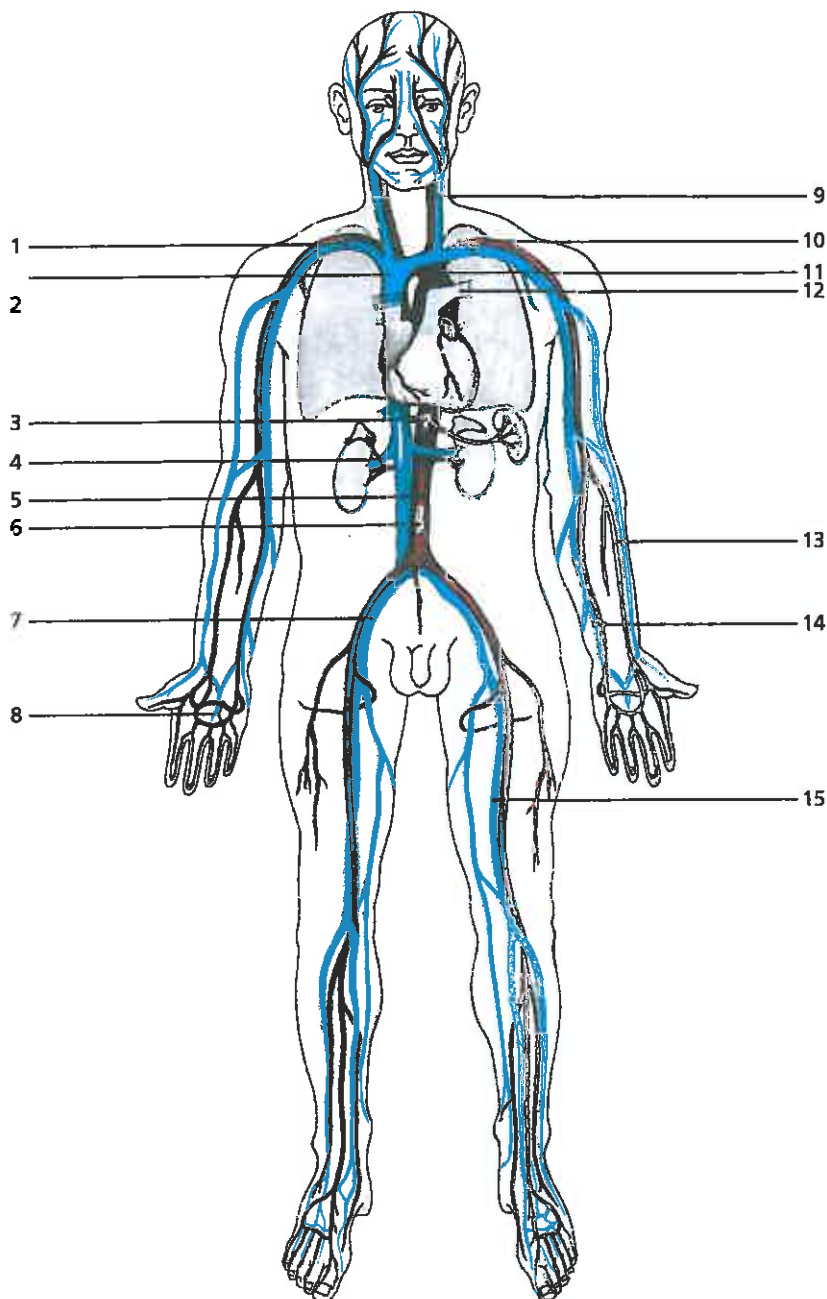
slagaders (longslagader en aorta) geperst. Terwijl de beide kamers zich ontledigen, vullen de beide boezems zich weer met bloed dat wordt aangezogen uit de holle aders en de longaders. Op deze manier

stroomt het bloed, ononderbroken vloeiend, door het vatenstelsel.

Het regelmatige samentrekken van boezem- en kamerwanden wordt via het onwillekeurige

3.3.5 Overzicht van de grote vaatvertakkingen

- 1 ondersleutelbeenslagader en -ader
- 2 bovenste holle ader
- 3 begin van de slagaders van lever en maag
- 4 nierslagader en nierader
- 5 buikaorta en onderste holle ader
- 6 darmslagader
- 7 bekkenslagader en bekkenader
- 8 slagaderboog in de hand
- 9 halslagader en halsader met vertakkingen naar hoofd en gelaat
- 10 ondersleutelbeenslagader en -ader
- 11 aortaboog
- 12 longslagader
- 13 onderarmslagader en -ader
- 14 onderarmslagader en -ader
- 15 beenslagader en beenader



(*autonome*) zenuwstelsel geregeld. Zonder beïnvloeding door de wil worden via speciale zenuwbanen met vaste regelmaat prikkels aan de hartspier afgegeven die leiden tot samentrekking van de spiervezels.

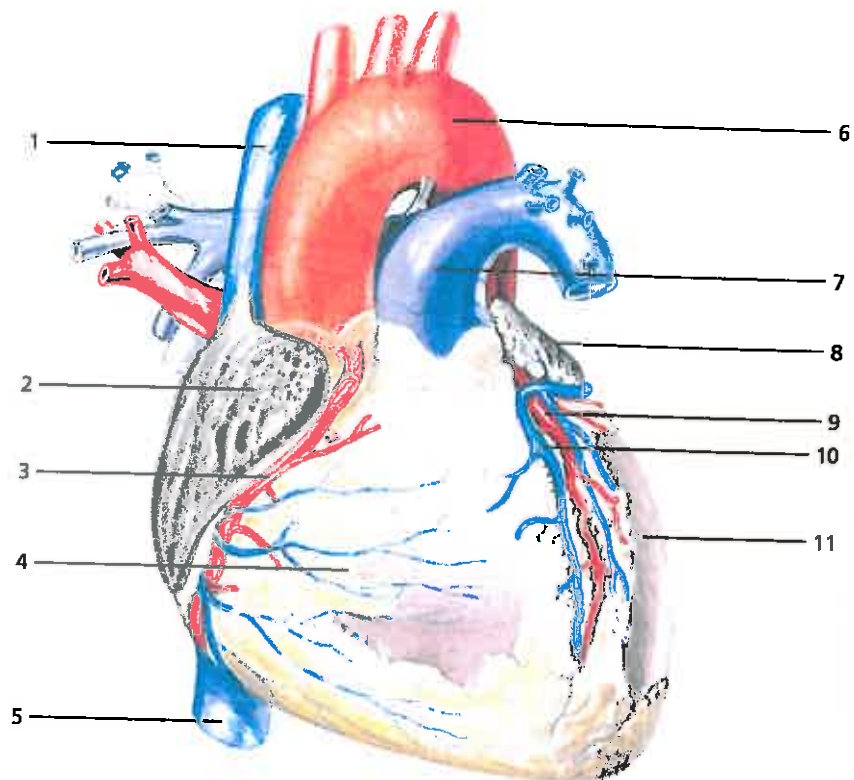
Het *samentrekken* (contractie) van de boezems of kamers noemen we **systole**; het

ontspannen en *vollopen* van deze ruimten noemen we **diastole**.

De samentrekkingen van de spiervezels veroorzaken *elektrische stromen*. Deze kunnen met speciale apparatuur worden opgespoord, versterkt en met een schrijvende pen op een verschuivend stuk papier worden geregistreerd. Het zo ontstane *elektrocardio-*

3.3.6 Vaatvoorziening van het hart, van voren gezien

- 1 bovenste holle ader
- 2 rechterboezem
- 3 rechter kransslagader
- 4 rechterkamer
- 5 onderste holle ader
- 6 aortaboog
- 7 longslagader
- 8 linkerboezem
- 9 eindtak van de linker kransslagader
- 10 eindtak van de linker kransader
- 11 wand van de linker-kamer



gram (ECG) is een belangrijk hulpmiddel voor de beoordeling van de toestand van het hart, figuur 3.3.7.

Onder normale omstandigheden trekt het hart zich gemiddeld 72 keer per minuut samen. De activiteit van de hartspier kan zich wijzigen en aanpassen aan verschillende omstandigheden. Opwinding, angst, woede, koorts en grotere lichamelijke inspanning doen de hartfrequentie toenemen. In het laatste geval omdat er voor de spieren meer zuurstof en voeding nodig is. Ook bij koorts stijgt de hart- (en dus de pols)frequentie, evenals bij patiënten met een te sterke schildklierwerking. Evenzo zal in rust, en vooral in de slaap, het aantal slagen van het hart afnemen.

Opdracht

- 9 a Bij gezonde personen bedraagt de hartfrequentie ± 2 slagen per minuut.

Het volume van de linkerkamer per hartslag bedraagt 60–70 ml. Hoeveel bloed wordt er per minuut in de aorta gepompt? (Dit noemen we het hartminuutvolume.)

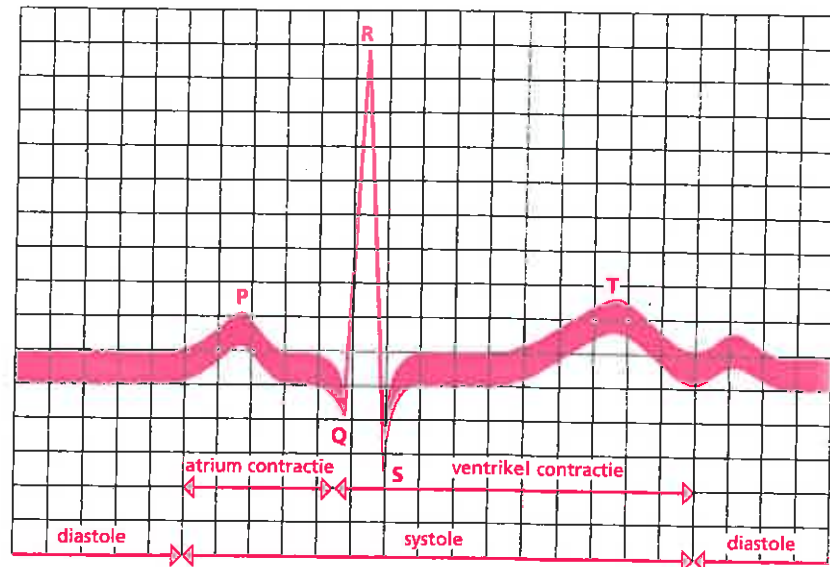
b Bij getrainde duursporters is het hart sterk vergroot en de hartspier dikker. Het volume per hartslag bedraagt bij hen 110–120 ml. Hoeveel zal hun hartfrequentie in rust bedragen?

3.2.2 De bloedvaten

In het algemeen kunnen we de bloedvaten als volgt indelen.

- **Slagaders of arteriën**, vaten die het bloed van het hart afvoeren. Ze worden genoemd naar het orgaan waar ze het bloed naartoe brengen, bijvoorbeeld leverslagader. De slagaders zijn altijd direct of indirect een *zijtak van de grote lichaams-*

3.3.7 Normaal elektrocardiogram (één actie van de hartslag)



- slagader of aorta, met uitzondering van de longslagader die direct uit het hart ontspringt. In de wanden van de slagaders bevinden zich spiertjes die meehelpen om het bloed verder te transporteren. De slagaders vertakken zich in haarvaten.
- Haarvaten of capillairen, dunne vaatjes die in alle weefsels liggen. Hier vindt door het bloed afgifte plaats van voedingsstoffen, zuurstof enzovoort en opname van warmte, koolzuur en afvalstoffen, zie figuren 1.2.1 en 3.3.8. Alle haarvaten komen weer bijeen en vormen de aders.
- Aders of venen, de bloedvaten die het bloed naar het hart terugbrengen. Ze worden altijd genoemd naar het orgaan waar ze vandaan komen, bijvoorbeeld leverader. Alle aders komen uit in de onderste of bovenste holle ader. Uitzonderingen vormen de longader (die direct in het hart uitmondt), de miltader (die in de poortader uitmondt) en de poortader (die in de lever uitmondt).

Een en ander is aan de hand van vier organen nog eens aangegeven in figuur 3.3.8. Dit voorbeeld geldt voor alle organen van het lichaam.

Het zal je opgevallen zijn dat ook het hart en de longen als voorbeeld zijn genoemd. Het

hart werkt voor het gehele lichaam door het bloed te pompen door de grote en de kleine bloedsomloop, maar de hartspiercellen moeten ook in leven blijven en krijgen hun voeding en zuurstof uit de eerste zijtakken van de aorta, namelijk de kransslagaders; de afvoer vindt via de kransaders naar de onderste holle ader plaats.

Hetzelfde geldt voor de longen, die zuurstof afgeven aan de longaders ten behoeve van het gehele lichaam. Het bloed dat de longen ontvangen via de longslagader bevat dus geen zuurstof en is ongeschikt voor de longcellen om van te leven. De longen hebben daarom nog een aparte eigen bloedtoevoer via de bronchusslagaders (zijtakken van de aorta) en een eigen afvoer via de bronchusaders naar de onderste holle ader toe. Omdat voor de cellen de aanvoer van voedingsstoffen en zuurstof levensbelangrijk is, is dit nog eens extra aangegeven, zie figuur 3.3.4.

3.2.3 De bloedsomloop en de bloeddruk

Je hebt ondertussen al veel geleerd over de bloedvaten en hier en daar al stukken van de bloedsomloop gevolgd. In deze paragraaf bespreken we hoe alle bloedvaten op elkaar

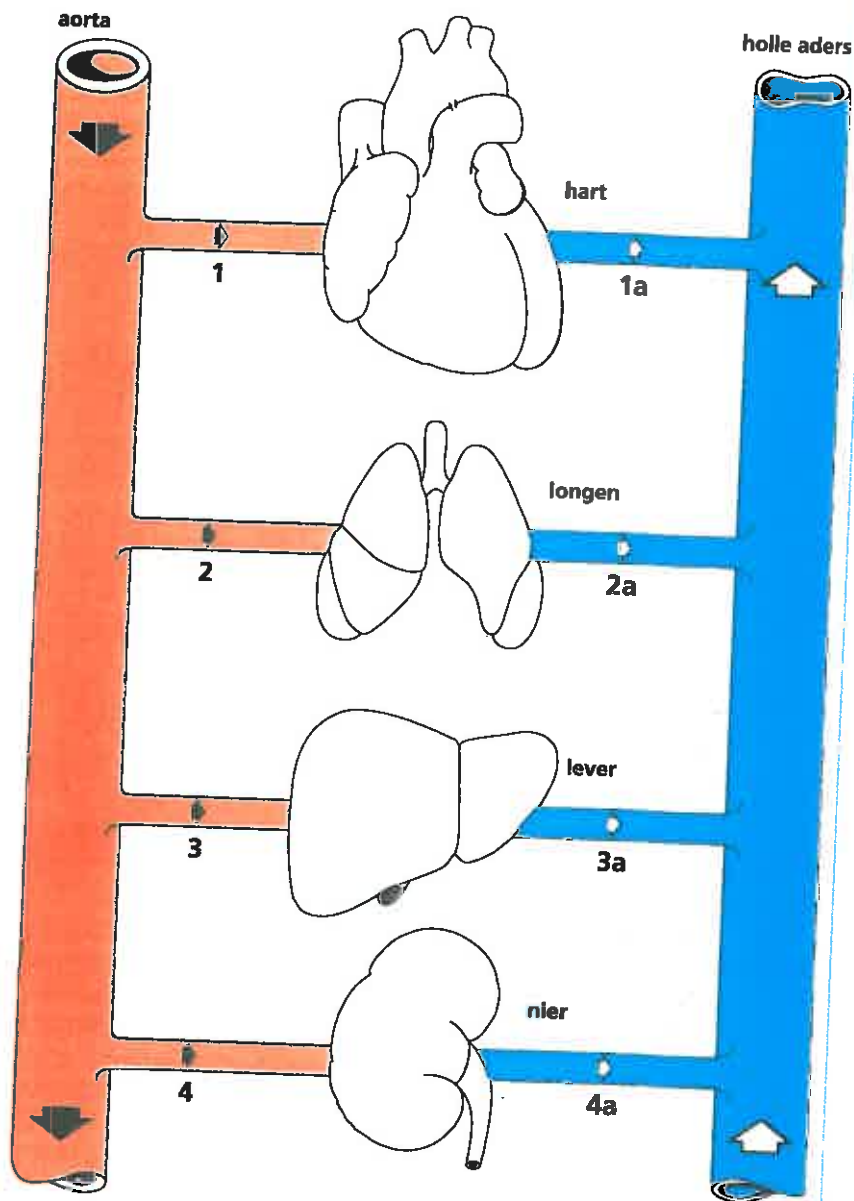
3.3.8 Elk orgaan krijgt direct of indirect bloed uit de aorta via een slagader

- 1 hart(krans)slagader
- 2 bronchusslagader
- 3 leverslagader
- 4 nierslagader

Het bloed wordt afgevoerd via gelijknamige aders, 1a t/m 4a, naar de holle aders

N.B.

De bronchusslagaders voorzien het longweefsel van voedingsstoffen en zuurstof. De longslagaders en longaders staan in dienst van het gehele lichaam.



aansluiten en de grote en de kleine bloedsomloop vormen.

De grote bloedsomloop, zie figuren 3.3.4 en 3.3.5

Nadat het uit de longen komende en van zuurstof (uit de ademhalingslucht) voorziene bloed door de linkerboezem in de linkerkamer

mer is gekomen, zullen de linker kamerwand en de rechter kamerwand zich samentrekken (systole). Hierdoor wordt de ruimte in de linkerkamer kleiner en komt het zich hierin bevindende bloed onder druk te staan. Terug naar de linkerboezem kan het niet door de dichtklappende hartkleppen tussen boezem en kamer. Ontwijken is dan alleen nog mogelijk via de uit de linkerkamer ontspringende

grote lichaamsslagader of aorta. Om te voorkomen dat het bloed vanuit de aorta weer terugstroomt in de linkerkamer zijn aan het begin van dit vat ook kleppen aangebracht die dit verhinderen.

Door de kracht van de zich leegknijpende linkerkamer vervolgt het in de aorta geperste bloed zijn weg tot in alle zijtakken van de aorta, zodat alle organen van het lichaam worden bereikt.

In de organen vertakken de slagaders zich in haarvaten, die zich daarna weer verenigen tot aders.

Alle aders komen uit in de *bovenste holle ader* (uit hoofd en hals) of in de *onderste holle ader* (uit de rest van het lichaam), die beide uitmonden in de *rechterboezem* van het hart. Daarmee is de grote bloedsomloop voltooid.

De kleine bloedsomloop

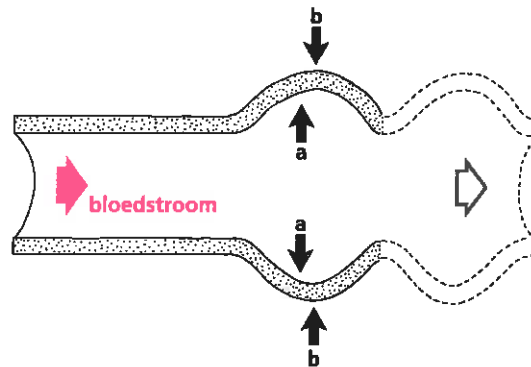
De kleine bloedsomloop begint in de *rechterkamer*, gaat via de *longslagader* naar de *longen* en dan via de *longaders* weer terug naar de *linkerboezem* van het hart.

Zo vormen grote en kleine bloedsomloop één gesloten circulatiesysteem.

Er is nog één punt dat we extra willen benadrukken. Als je figuur 3.3.4 nog een bekijkt, dan zie je dat één zijtak van de aorta, namelijk de *darmslagader*, naar de wanden van de darm toegaat om daar de cellen van voedingsstoffen en zuurstof te voorzien. De *darmader* verlaat de darm beladen met nieuwe voedingsstoffen maar zonder zuurstof om via de *poortader* de lever te bereiken. Na hierin te zijn verwerkt komen deze stoffen via de leverader in de grote bloedsomloop terecht en staan ze ter beschikking van het gehele lichaam.

Bloeddruk

Voor de bloedsomloop is het nodig dat het bloed onder druk staat. De druk waarmee de linkerkamer het bloed in de aorta perst noemen we **systolische druk** of **bovendruk**. Wanneer de kamer zich daarna ontspant,



3.3.9 De vulling van de slagaders

- a Bloeddruk tegen de vaatwand
- b Tegendruk van de elastische, uitgerekte vaatwand; hierdoor ontstaat een peristaltiek die het bloed verplaatst

N.B.

Als de slagaders minder goed zijn gevuld (bij bloeding of vochtverlies), daalt de bloeddruk en spreken we van shock.

drukt het verder stromende bloed tegen de slagaderwand, die uitgerekte wordt, dus tegendruk geeft en zo voor peristaltiek, de zogenoemde **pols golf**, zorgt, figuur 3.3.9. Deze druk in de slagaders noemen we **diastolische druk** of **onderdruk**.

Normaal is een systolische druk, uitgedrukt in mm kwik, die 100 + de leeftijd aangeeft; de diastolische druk moet minder zijn dan 90 mm kwik. Een 60-jarige heeft dan een bloeddruk van bijvoorbeeld 160/90.

Bij hartzwakte daalt de systolische druk. Bij slagaderverkalking stijgt de systolische druk, omdat de wanden van de slagaders niet genoeg meegeven en om toch voldoende bloed door de vernauwde slagaders te kunnen persen.

Bij ernstig bloedverlies dalen beide bloeddrukken, bijvoorbeeld 90/50, en is de patiënt in een toestand die we *shock* noemen.

Opdracht

- 10 Wat gebeurt er met de bloeddruk in de volgende situaties? Leg ook uit waardoor deze veranderingen optreden.
- Plotseling opstaan na een week bedrust.
 - Persen tijdens het defeceren.
 - Vanuit de vrieskou in een warme kamer komen.
 - Schrikken.

Nadat de slagaders de weefsels en organen hebben bereikt, vertakken ze zich in haarvaten en is er bijna geen bloeddruk meer. De bloedtoevoerende taak is vervuld.

Maar nu de afvoerende taak! Hoe komt het bloed via de aders terug naar het hart wanneer er geen bloeddruk meer is? Daar zijn drie mechanismen voor verantwoordelijk:

- de *zuigkracht* van het hart wanneer de kamers zich met bloed vullen vanuit de leeglopende boezems;
- de *verschillen in luchtdruk* in de borstholte tijdens het in- en uitademen;
- de *spierpomp*.

Wanneer de spieren in de benen of in de armen zich samentrekken, worden ze dikker en drukken daardoor de aders dicht. Doordat het bloed in de aders niet terug kan stromen omdat de kleppen zich dan sluiten, kan het maar in één richting ontwijken en dat is in de richting van het hart. Zo worden door de spieractiviteit de aders voortdurend gemasseerd, waardoor het bloed bij de lopende mens omhooggebracht wordt. We noemen dit de **spierpomp**.

Spieractiviteit is dus uiterst belangrijk voor het instandhouden van de circulatie in de aders. Wanneer iemand langdurig stilstaat of te veel zit zonder zijn spieren te gebruiken, zullen de aders zich maximaal vullen en wordt de bloedstroom sterk vertraagd.

3.2.4 Circulatiestoornissen

Een goede circulatie is van levensbelang voor alle weefselcellen van het menselijk

lichaam. Stoornissen daarin zijn in te delen in algemene en plaatselijke stoornissen.

Algemene circulatiestoornissen

De bloedcirculatie in het gehele lichaam is verminderd. Hieronder lijden dus alle cellen, maar de hersencellen zijn het meest kwetsbaar. Ze kunnen zelfs doodgaan. Een algemene circulatiestoornis is te verwachten bij:

- hartziekte (bijvoorbeeld een hartinfarct);
- ernstig bloedverlies (inwendig of uitwendig);
- bepaalde bloedziekten (bijvoorbeeld anemie).

Plaatselijke circulatiestoornissen

Er is sprake van een plaatselijke circulatiestoornis als de circulatie in één bepaald orgaan of een gedeelte ervan gestoord is. Het gevolg is een verminderde functie of afsterven van dat orgaan of een gedeelte ervan. Dit is te verwachten bij vernauwing of afsluiting van de bloedtoevoerende slagader van dat orgaan door:

- *slagaderverkalking* (arteriosclerose);
- *vorming van een bloedstolsel* (trombose);
- *afsluiting door een bloedstolsel* (embolie): een bloedstolsel is meegesleept met de bloedstroom en, omdat de slagaders steeds nauwer worden, is blijven steken.

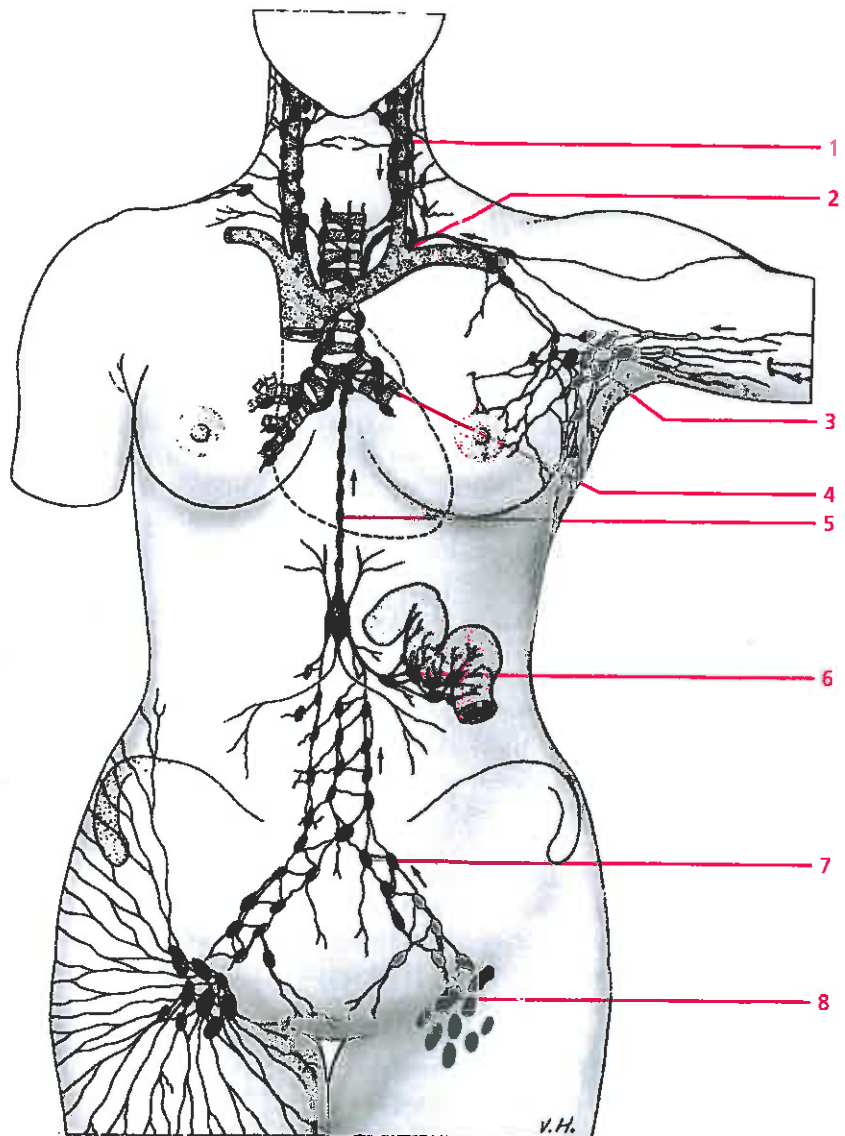
3.3 Het lymfevatenstelsel en de milt

3.3.1 Het lymfevatenstelsel

In figuur 1.2.1 heb je gezien dat een deel van de bloedvloeistof in de capillairen door de wand heengaat ter verversing van het weefselvocht. Na afgifte van zuurstof en voedingsstoffen aan de cellen komt een gedeelte van de vloeistof weer terug in de capillairen. De rest vindt via de ruimte tussen de weefselcellen en de zogenoemde *lymfecapillairen* in de weefsels een gemakkelijke afvoerweg en wordt dan **lymfe** genoemd. De lymfecapil-

3.3.10 Regionale lymfeklierstations van romp en ledematen

- 1 hals
- 2 inmondingsplaats van de lymfebanen in de linker onderleutelbeenader
- 3 oksel (arm plus deel van de borstwand en mamma)
- 4 linkervlong
- 5 borstbuis
- 6 darm
- 7 klieren om de aorta en de bekkenslagaders (bekkenorganen en liesgebied)
- 8 lies (been en buikwand)



lairen vormen *netwerken* van dunne buisjes, die zich verenigen tot *grotere buizen*, waardoor de lymfe wordt afgevoerd.

Er zijn alleen afvoerende buizen en geen aanvoerende.

Zo wordt bijvoorbeeld de lymfe uit de benen, het bekken en het onderste deel van de buikgewanden verder omhooggevoerd via de zogenoemde *borstbuis* om ten slotte uit te monden in de *linker onderleutelbeenader*, figuur 3.3.10.

De lymfe komt dus uiteindelijk weer in de bloedsomloop terecht. Dit is ook het geval met de uit de darm door de darmvlokken opgenomen vetzuren en glycerol. Die komen niet in de poortader maar gaan eerst door de lymfevaten voordat ze in de bloedbaan terechtkomen. Naast het bloedvatenstelsel zijn ook de lymfevaten te beschouwen als een transportsysteem.

Een opmerkelijk verschil tussen het lymfevatenstelsel en het bloedvatenstelsel is de

aanwezigheid van **lymfeklieren**. Dit zijn orgaantjes van verschillende afmetingen (zelden groter dan 3 cm), die zich meestal bevinden op plaatsen waar een aantal kleinere lymfevaten samenvloeit tot één grotere.

Opdracht

- 11 Waarin verschilt de samenstelling van de lymfe met die van het bloed?

Lymfeklieren zijn erg klein en bolvormig. Ze bezitten in hoge mate de eigenschap dode stoffen en levende organismen, bijvoorbeeld *bacteriën* die uit zieke weefsels komen, te kunnen opnemen en onschadelijk te maken. Dit gaat soms gepaard met zwelling van de klieren, die in het geval van een infectie meestal pijnlijk zijn. Echter, ook cellen die zijn losgeraakt van een kwaadaardig *weefsel* kunnen langs de lymfebanen verslept worden en door de eerstvolgende groep lymfeklieren vastgehouden worden. Deze op drift geraakte gezwercellen kunnen hun vermogen tot ongebreidelde deling behouden en zo een *dochtergezwel* (metastase) in de lymfeklieren vormen. Dit proces kan zich herhalen, dat wil zeggen: van het dochtergezwel kunnen opnieuw cellen losraken en door afvoerende lymfevaten naar een volgende groep lymfeklieren worden gevoerd, waar opnieuw metastasen ontstaan.

Hoewel lymfeklieren op vele plaatsen in het lichaam aanwezig zijn, zijn toch plaatsen aan te wijzen waar ze in groten getale bijeen liggen. Deze **regionale lymfeklierstations** controleren de lymfe die overwegend uit één bepaald deel van het lichaam afkomstig is. Uit aandoeningen van deze regionale klieren kan worden afgeleid in welk deel van het lichaam een ziekteproces (ontsteking of gezwel) moet worden gezocht.

Omgekeerd, als ergens een gezwel wordt gevonden, moet ook worden overwogen de regionale klieren weg te nemen om eventuele verdere metastasering voor te zijn. Zie figuur 3.3.10 voor de meest opvallende regionale lymfeklierstations met de bijbehorende afvoergebieden.

3.3.2 De milt

De milt ligt *links achter de maag*, zie figuur 3.1.2, vlakbij de linkernier. De milt is omgeven door een kapsel, bestaande uit elastisch bindweefsel en spiervezels. Dit kapsel zorgt ervoor dat de milt kleiner en groter kan worden, bloed kan opnemen en gedurende zekere tijd vasthouden. Op een ander moment echter kan door samentrekking van de spiervezels in het kapsel een extra hoeveelheid bloed weer uitgedreven worden in de miltader. Dit betekent dat de milt kan functioneren als *bloedreservoir*.

De milt wordt van bloed voorzien via de miltslagader, een zijtak van de aorta. Het bloed verlaat de milt door de miltader, die uitmondt in de poortader. Via de poortader gaat het bloed naar de lever.

Daarnaast speelt de milt een rol in de afweer van het lichaam. *Hij werkt als een soort lymfeklier*. De milt filtreert namelijk intensief het langsstromende bloed, zowel de bloedcellen als de in het plasma opgeloste stoffen. Zo neemt hij verouderde of verzwakte witte bloedlichaampjes op en verteert deze. Hetzelfde kan gebeuren met niet in het bloed thuishorende organismen, zoals bacteriën. In de milt vallen ook veel oude, verzwakte *rode bloedlichaampjes* uiteen, waarbij *rode bloedkleurstof* (hemoglobine) en *ijzer* vrijkomen. Het ijzer wordt teruggevoerd naar de bloedvormende organen (het rode beenmerg), waar het opnieuw voor de productie van hemoglobine kan worden gebruikt. De rode bloedkleurstof gaat via de poortader naar de lever, waar de levercellen er *galkleurstof* (bilirubine) van maken die via de galwegen met de gal wordt uitgescheiden naar de darm.

Kan de lever de aangevoerde galkleurstof niet verwerken, dan hoopt deze zich op in de bloedbaan en slaat neer in alle weefsels. Er is dan sprake van *geelzucht* (icterus).

3.4 Begrippenlijst

erytrocyt	rood bloedlichaampje
hemoglobine	rode bloedkleurstof
leukocyt	wit bloedlichaampje
fagocytose	het opnemen en verteren van bacteriën door witte bloedlichaampjes
trombocyt	bloedplaatje
plasma	bloedvloeistof
serum	bloedvloeistof zonder stollingseiwitten
fibrinogeen	stollingseiwit
albumine	bloedeiwit
globuline	bloedeiwit
placenta	moederkoek, nageboorte
fibrine	bloedvezelstof
endocard	hartvlies
myocard	hartspier
epicard	binnenkant hartzakje
pericard	buitenkant hartzakje
septum	hartussenschot
atrium	hartboezem
ventrikel	hartkamer
aorta	grote lichaamsslagader
systole	samentrekking van boezems of kamers
diastole	ontspanning van boezems of kamers
arterie	slagader
vene	ader
capillair	haarvat
systolische druk	bovendruk
diastolische druk	onderdruk
arteriosclerose	slagaderverkalking
trombose	vorming van een bloedstolsel
embolie	afsluiting door een bloedstolsel
metastase	dochtergezwel
hemoglobine	rode bloedkleurstof
bilirubine	galkleurstof
icterus	geelzucht