

5b HAVO

biologie voor jou
LEEROPDRACHTENBOEK

bvj

MALMBERG

5^b HAVO

biologie voor jou
LEEROPDRACHTENBOEK

bvj

BIOLOGIE VOOR DE BOVENBOUW

HAVO

AUTEURS

ARTEUNIS BOS
MARIANNE GOMMERS
ARTHUR JANSEN
ONNO KALVERDA
THEO DE ROUW
GERARD SMITS
BEN WAAS
RENÉ WESTRA

VIJFDE EDITIE

MALMBERG 'S-HERTOGENBOSCH

WWW.BIOLOGIEVOORJOU.NL

Voorwoord

Dit boek is het tweede halfjaardeel van de methode *Biologie voor jou* voor klas 5 van het havo. De methode is gemaakt om zelfstandig te werken, zodat er ruimte ontstaat voor gerichte begeleiding van je docent. In *Biologie voor jou* kun je op verschillende momenten kiezen voor opdrachten die jij zelf interessant vindt. De methode bestaat uit een handboek met opdrachten (leeropdrachtenboek), een uitwerkingenboek en een ePack. Het ePack is een internetsite: www.biologievoorjou.nl. Op de site vind je onder andere extra uitleg, extra opdrachten, animaties, video's, toetsen en samenvattingen. We gebruiken in deze methode 'docent' en 'leerling' voor beide geslachten.

WERKEN MET BIOLOGIE VOOR JOU

Biologie voor jou is opgedeeld in thema's. In een thema behandelen we de leerstof van een bepaald onderwerp uit de biologie. Alle thema's in de delen 4 en 5 havo samen vormen de gehele leerstof voor het biologie-examen havo.

De thema's bestaan steeds uit dezelfde onderdelen: Basisstof, Samenvatting, Diagnostische toets, Eindopdracht en Verrijkingsstof. Op het ePack vind je nog andere onderdelen.

In de inleiding staat kort beschreven wat je in het thema te wachten staat. Je krijgt zo een idee waar het thema over gaat. Het ePack start met een instaptoets. De instaptoets test de kennis die je al hebt over het onderwerp.

BASISSTOF

In de basisstof staan teksten en afbeeldingen die je moet bestuderen. Tussen de tekst en aan het einde van een basisstof staan opdrachten. Met behulp van het uitwerkingenboek kun je zelf deze opdrachten nakijken.

SAMENVATTING

Wij vinden dat duidelijk moet zijn wat er van je wordt verwacht. Daarom is in de samenvatting precies omschreven wat je in de basisstof hebt geleerd. De samenvatting staat ook op het ePack.

De samenvatting is ingedeeld in doelstellingen. Elke doelstelling gaat over een onderwerp. In een basisstof wordt soms de stof voor meerdere doelstellingen aangeboden. Je moet de samenvatting 'kennen en kunnen' voor een proefwerk of toets.

DIAGNOSTISCHE TOETS

Met behulp van de diagnostische toets kun je nagaan of je de basisstof 'kent en kunt'. De diagnostische toets kun je nakijken met het uitwerkingenboek. De diagnostische toets staat ook op het ePack. Je krijgt dan meteen te zien of je de juiste antwoorden hebt gegeven. Op het ePack kun je ook de examentrainer doen. Hierin staan vragen die je ook in een proefwerk of toets kunt verwachten. De opdrachten uit de examentrainer zijn vaak wat moeilijker dan de opdrachten in de diagnostische toets.

EINDOPDRACHT

Na de diagnostische toets kom je bij elk thema een eindopdracht tegen. Met de eindopdracht breng je samenhang aan tussen begrippen uit dit thema en tussen

dit thema en voorgaande thema's. De eindopdracht bevat ook examenopgaven over dit thema en voorgaande thema's. De eindopdracht helpt je om je voor te bereiden op de eindtoets en het eindexamen.

VERRIJKINGSSTOF

Als je de basisstof 'kent en kunt', kun je aan de verrijkingsstof beginnen. De verrijkingsstof bestaat uit opdrachten waaruit je kunt kiezen. Een deel van de verrijkingsstof staat in dit boek, maar er staat ook een deel op het ePack. Je kunt zelf kiezen welke opdrachten je wilt doen. Je hoeft ze niet allemaal te maken. De verrijkingsstof kun je met het uitwerkingenboek nakijken, of met de antwoordbladen op het ePack.

CONTEXTEN

In dit boek staan veel contexten. Die contexten zijn voorbeelden uit het dagelijks leven, uit beroepen of uit de wetenschap waarbij biologische kennis een rol speelt. Vaak worden begrippen uitgelegd of toegelicht aan de hand van een context. Regelmatig kom je ook opdrachten tegen met contexten. Bij de meeste thema's vind je in basisstof 1 een grotere context. De context is dan te herkennen aan de vormgeving, maar basisstof 1 kan ook in zijn geheel een context zijn.

SAMENHANG

In thema 1 van deel 4 heb je de hoofdthema's en de niveaus van de biologie geleerd. In andere thema's komen we daar regelmatig op terug. Je leert zo net als in de eindopdracht de samenhang (rode draden) te zien. Evolutie is een van de rode draden in de biologie. Daarom vind je in de tekst regelmatig een kopje 'Evolutie'.

BEELDEN OMSLAG EN THEMA-OPENINGEN

Op het omslag en op de openingspagina's van elk thema zie je een grote afbeelding staan. Deze afbeeldingen stellen het volgende voor:

- Omslag: Peringuey's adder of dwergpofadder (*Bitis peringueyi*) is een kleine giftige slang die voorkomt in de Namibische woestijn (Namibië en Zuid-Angola). Hij graaft zichzelf in in het zand om vanuit die positie passerende hagedissen en knaagdieren aan te vallen. De dwergpofadder heeft een typische zijdelingse manier om zich over het hete woestijnzand te verplaatsen.
- Thema 4: Door te eten en drinken krijgen we de voedingsstoffen binnen die we nodig hebben om te groeien en gezond te blijven.
- Thema 5: Ambulanceverpleegkundige en -chauffeur bij de reanimatie van een patiënt met hartstilstand (geënceneerd).
- Thema 6: Een snorkelaar gebruikt een verlenging van zijn luchtwegen om onder water adem te kunnen halen.
- Thema 7: Een *Shigella*-bacterie wordt door een macrofaag ingekapseld (fagocytose). *Shigella* infecteert de dikke darm en veroorzaakt dysenterie (gekenmerkt door buikpijn, koorts en bloederige diarree). Gekleurde SEM-foto, vergroting ongeveer 45 000x.

We wensen je veel plezier bij het werken met dit deel van *Biologie voor jou* en veel succes bij de voorbereiding op je examen.

De auteurs

Inhoud

Thema 4

Voeding

BASISSTOF 8

- 1 Voeding 8
- 2 Voedingsmiddelen en voedingsstoffen 10
- 3 Gezonde voeding 20
- 4 Voedsel conserveren 26
- 5 Het verteringsstelsel van de mens 29
- 6 De chemische vertering 32
- 7 Resorptie 38

SAMENVATTING 41

DIAGNOSTISCHE TOETS 44

EINDOPDRACHT 50

VERRIJKINGSSTOF 53

- 1 Functionele voedingsmiddelen 53

Thema 5

Transport

BASISSTOF 58

- 1 Hartstilstand 58
- 2 Het hart 62
- 3 De bloedvaten 69
- 4 De bloeddruk 75
- 5 Het bloed 81
- 6 Weefselvloeistof en lymfe 90

SAMENVATTING 93

DIAGNOSTISCHE TOETS 96

EINDOPDRACHT 103

VERRIJKINGSSTOF 107

- 1 De bouw van een zoogdierhart 107

Thema 6 Gaswisseling en uitscheiding

BASISSTOF 110

- 1 Het ademhalingsstelsel van de mens 110
- 2 Longventilatie 117
- 3 Ademvolume en ademfrequentie 121
- 4 De lever 127
- 5 De nieren en de urinewegen 132

SAMENVATTING 137

DIAGNOSTISCHE TOETS 140

EINDOPDRACHT 150

VERRIJKINGSSTOF 155

- 1 Duiken 155

Thema 7 Bescherming en evenwicht

BASISSTOF 160

- 1 De huid en bescherming 160
- 2 Afweer 168
- 3 Immuniteit 181
- 4 Transplantatie en bloedtransfusie 188
- 5 Evenwicht 196

SAMENVATTING 199

DIAGNOSTISCHE TOETS 202

EINDOPDRACHT 209

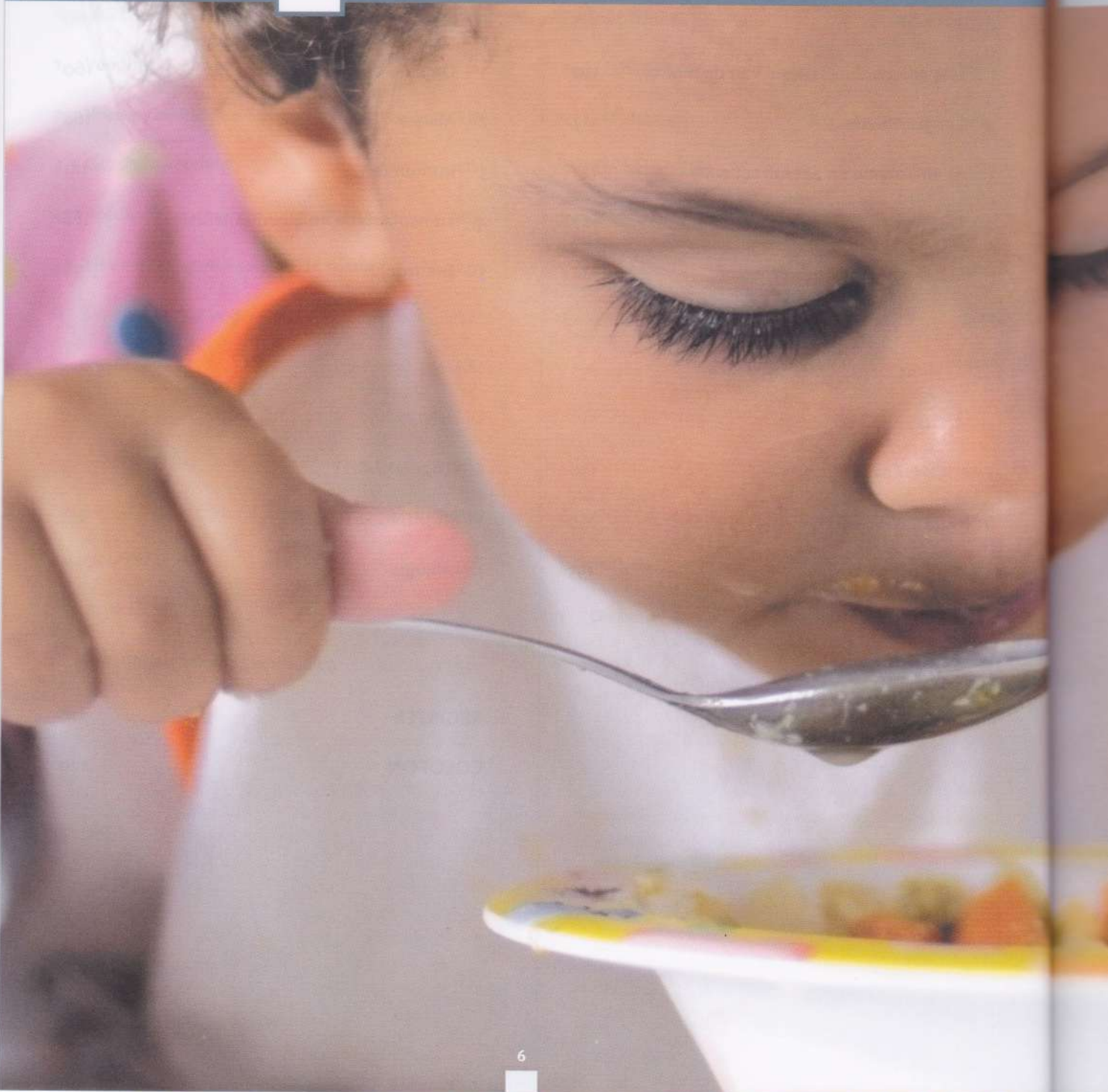
VERRIJKINGSSTOF 211

- 1 Allergie 211

REGISTER 216

COLOFON 220

4 Voeding



BASISSTOF

- 1 Voeding 8
- 2 Voedingsmiddelen en voedingsstoffen 10
- 3 Gezonde voeding 20
- 4 Voedsel conserveren 26
- 5 Het verteringsstelsel van de mens 29
- 6 De chemische vertering 32
- 7 Resorptie 38

SAMENVATTING 41

DIAGNOSTISCHE TOETS 44

EINDOPDRACHT 50

VERRIJKINGSSTOF 53

- 1 Functionele voedingsmiddelen 53



Dit thema gaat over de voedselopname en de vertering bij de mens. In voedingsmiddelen komen zes groepen voedingsstoffen voor die verschillende functies hebben. Je hebt alle voedingsstoffen nodig om gezond te blijven. Daarom is het belangrijk om variatie aan te brengen in je voedingspatroon. Voor je gezondheid is het ook belangrijk om je voedselopname af te stemmen op je energiebehoefte.

De meeste voedingsstoffen worden in het darmkanaal eerst verteerd met behulp van enzymen. De verteringsproducten die ontstaan worden opgenomen in het bloed. Onverteerde voedselresten verlaten het lichaam met de ontlasting.

1 Voeding

Eten en drinken is noodzakelijk om in leven te blijven. Zo krijgen we de voedingsstoffen binnen waardoor ons lichaam kan functioneren. Maar we eten en drinken ook om andere redenen. Bijvoorbeeld omdat het lekker is of omdat het gezellig is. *Eten is dan een sociale gebeurtenis. Er kan ook een emotioneel motief zijn om te eten en drinken.* Sommige mensen gaan veel eten als ze verdrietig of gestrest zijn. Anderen eten dan juist weinig of helemaal niet. Je kunt eten ook gebruiken als machtsmiddel. Een kind doet dat weleens wanneer het weigert om te eten. Mensen die in hongerstaking gaan, proberen zo soms de politiek te beïnvloeden.

Wat mensen eten, verschilt ook vaak. Het kan zijn dat ze verschillende dingen lekker vinden, maar het heeft vaak ook te maken met wat mensen normaal vinden of wat ze kunnen betalen. Zo aten arme mensen in de middeleeuwen roggebrood en rijke mensen het duurdere tarwebrood. Verschillen ontstaan ook door hoe mensen over eten denken of door wat mensen geloven.

Vegetariërs onderscheiden zich bijvoorbeeld doordat ze geen vlees, vis, schaaldieren en insecten eten. Veel boeddhisten eten geen vlees omdat ze tegen het doden van dieren zijn. Ook mijden ze bepaalde groenten. Zij eten vooral sojabonen en tarwegluten als bron van eiwitten.

In Nederland vinden steeds meer mensen het belangrijk om te letten op de kwaliteit van hun voedsel. Bij de keuze voor voedingsmiddelen zijn niet alleen smaak, versheid en voedingswaarde belangrijke factoren, maar ook de wijze van productie en waar het voedsel vandaan komt.

EETFESTIJN

Wanneer het voorjaar aanbreekt, barst het festivalseizoen weer los (zie afbeelding 1). Uit onderzoek blijkt dat de kwaliteit van het eten en drinken op een festival één van de factoren is die de tevredenheid van de bezoekers over het festival bepalen. Ook variatie in het aanbod van eten en drinken en de prijs ervan zijn belangrijk. Naast het traditionele aanbod van hamburgers, friet, pizza's, bier en frisdrank willen veel festivalbezoekers graag worden verrast met originele gerechten en drankjes. Dus niet alleen de line-up (het programma) van de acts is belangrijk. Ook met de 'food-line-up' kan een festival zich onderscheiden (zie afbeelding 2).

▼ Afb. 1



Op de camping van Best Kept Secret serveert men vanuit een bakfiets ontbijt op bed van verse croissants, jus d'orange en koffie en thee. Op het festivalterrein worden verse soepen en salades verkocht die zijn gemaakt van seizoengroenten die te klein of te krom zijn voor de supermarkt. In dezelfde stand verkopen ze ook warme pastetjes, met en zonder vlees. In de frietkraam verkopen ze vers gesneden frieten van biologische aardappelen en andere producten die vegetarisch of veganistisch zijn. Drinkjes van verschillende soorten gepureerde vruchten (smoothies) zijn bereid met biologisch en fairtrade fruit. In de viskraam verkoopt men scheermessen van de barbecue (zie afbeelding 3), oesters, kreeft, gekookte mosselen en gebakken scholfilet met frietjes. Alle vis komt vers uit de Oosterschelde en voor de bereiding worden biologische producten gebruikt.

De cateraars die het eten en drinken verzorgen op Best Kept Secret worden geboekt door een organisatie die mensen weer de waarde van eten wil laten ervaren. Door cateraars uit te zoeken die goed eten aanbieden en door achtergrondinformatie te geven over de productie ervan, wil deze organisatie mensen laten zien dat het de moeite waard is om aandacht te besteden aan voedsel. Veel mensen weten nu bijvoorbeeld niet hoe hun eten is geproduceerd en zijn er niet bewust of kritisch mee bezig.

Een groot deel van het eten dat op het festival wordt aangeboden, draagt het stempel fairtrade, vegetarisch, veganistisch of biologisch. Voor fairtrade producten hebben boeren in Latijns-Amerika, Afrika en Zuidoost-Azië een minimumprijs gekregen. De minimumprijs dekt de werkelijke productiekosten en wordt niet bepaald door de internationale markt. Boven op de minimumprijs krijgen de boeren een ontwikkelingspremie die ze moeten inzetten

▼ **Afb. 2** Food-line-up 2013 van het Nederlandse festival Best Kept Secret in Hilvarenbeek.



▼ **Afb. 3** Scheermessen van de barbecue.



voor de ontwikkeling van hun gemeenschap. Hierdoor zijn de boeren niet meer afhankelijk van ontwikkelingshulp. Fairtrade producten voldoen bovendien aan milieueisen die vergelijkbaar zijn met die in Europa. De producten zijn geproduceerd in menswaardige arbeidsomstandigheden. Dat betekent: geen kinderarbeid, geen dwangarbeid en geen hongerlonen. Een bekend Nederlands keurmerk voor fairtrade producten is Max Havelaar (zie afbeelding 4).

▼ **Afb. 4** Het Max Havelaar-keurmerk.



opdracht 1

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Seizoengroente is groente die alleen in een bepaald seizoen verkrijgbaar is. In Nederland zijn de meeste groenten het hele jaar door verkrijgbaar. Wanneer een groente in een bepaald seizoen niet kan groeien in Nederland, wordt ze geïmporteerd of geteeld in kassen. Waarom is het volgens sommige mensen beter om alleen seizoengroenten te eten?
- 2 Er zijn ook mensen die vinden dat je in de winter wel sperziebonen kunt eten die afkomstig zijn uit bijvoorbeeld Ethiopië. Bedenk een reden waarom zij vinden dat dat wel kan.
- 3 Waarom is het een goed idee dat er op het festival Best Kept Secret soepen en salades worden verkocht die zijn gemaakt van seizoengroenten die te klein of te krom zijn voor de supermarkt?
- 4 De mayonaise op Best Kept Secret is wel vegetarisch, maar niet veganistisch. Leg dit uit.
- 5 Zullen vegetariërs scheermessen eten? Leg je antwoord uit.

2 Voedingsmiddelen en voedingsstoffen

Alles wat je eet of drinkt, noemen we **voedingsmiddelen**. Voedingsmiddelen bevatten **voedingsstoffen**. De zes belangrijkste groepen voedingsstoffen zijn **eiwitten (proteïnen)**, **koolhydraten**, **vetten (lipiden)**, **water**, **mineralen (zouten)** en **vitaminen**. Ze vervullen verschillende functies in je lichaam. Zo worden sommige voedingsstoffen als **bouwstoffen** gebruikt bij de vorming van (delen van) cellen en weefsels. Vooral voor groei en ontwikkeling van het lichaam en voor vervanging van afgestorven cellen zijn bouwstoffen nodig.

Brandstoffen zijn voedingsstoffen die energie kunnen leveren. De energie is nodig om te kunnen bewegen en de lichaamstemperatuur op peil te houden. Ook voor groei, ontwikkeling en herstel is energie nodig.

Je hebt van alle zes groepen voedingsstoffen nodig om gezond te blijven. Een tekort aan bepaalde voedingsstoffen kan ziekte veroorzaken.

EIWITTEN (PROTEÏNEN)

Je hebt geleerd dat eiwitmoleculen zijn opgebouwd uit een groot aantal aan elkaar gekoppelde **aminozuurmoleculen**. In het verteringsstelsel worden eiwitmoleculen in het voedsel gesplitst in afzonderlijke aminozuurmoleculen die worden opgenomen in het bloed. Via het bloed worden aminozuren naar de organen van het lichaam vervoerd. Daar worden ze in de cellen bij de **eiwitsynthese** weer aan elkaar gekoppeld.

In eiwitten van de mens komen twintig verschillende aminozuren voor.

Volwassenen kunnen twaalf van deze aminozuren zelf maken wanneer deze niet voldoende in het voedsel voorkomen. Ze worden in de lever gevormd uit andere aminozuren. De overige acht aminozuren kunnen niet of in onvoldoende hoeveelheden in het lichaam worden gevormd. Deze aminozuren moeten daarom in het voedsel voorkomen. We noemen ze de **essentiële aminozuren**.

Eiwitten zijn belangrijke **bouwstoffen** van cellen en weefsels. Ze doen bijvoorbeeld dienst als bestanddelen van het cytoskelet van een cel of als bestanddelen van tussencelstof. Ook reguleren eiwitten bijna alle processen in een organisme. Ze zijn betrokken bij het **transport** van stoffen, bij het overbrengen van signalen van de ene cel naar de andere (celcommunicatie) en bij chemische reacties.

Je lichaam kan de aminozuren uit de eiwitten in je voedsel of de eiwitten uit je spieren omzetten in glucose. Eiwitten worden dan gebruikt als brandstof. Dat gebeurt vooral als er niet voldoende glucose beschikbaar is. Doordat je een overschot aan eiwitten en aminozuren in je voeding niet kunt opslaan, zet je lichaam dit ook om in glucose. Bij de dissimilatie van eiwitten ontstaat ammoniak, dat in de lever wordt omgezet in ureum. Ureum wordt uitgescheiden met de urine. In afbeelding 5 zie je voedingsmiddelen die veel eiwitten bevatten.

KOOLHYDRATEN

In thema 1 Stofwisseling is behandeld dat koolhydraten worden ingedeeld in monosachariden, disachariden en polysachariden. Zoete vruchten, jam, stroop en honing bevatten veel glucose, fructose (monosachariden) en sacharose (een disacharide). Brood, aardappelen, rijst en macaroni bevatten veel zetmeel (een polysacharide). Dierlijk voedsel bevat relatief weinig koolhydraten.

▼ **Afb. 5** Voedingsmiddelen die veel eiwitten bevatten.



► Afb. 6 Voedingsmiddelen die veel koolhydraten bevatten.



Koolhydraten zijn belangrijke **brandstoffen** in je lichaam. Als 1 g koolhydraten wordt verbrand, komt 17 kJ energie vrij. Door koolhydraten te eten, kun je in het grootste deel van je energiebehoefte voorzien. Als je te veel koolhydraten eet, wordt de overtollige hoeveelheid in je lichaam opgeslagen. Een klein deel daarvan wordt omgezet in glycogeen (een polysaccharide). In thema 6 Regeling en waarneming van deel 4 is behandeld dat glycogeen in de lever en in spieren wordt opgeslagen. Het grootste deel van de overtollige hoeveelheid koolhydraten wordt omgezet in vet en opgeslagen onder de huid (in het onderhuidse bindweefsel) of rondom organen (rondom spieren, hart en nieren).

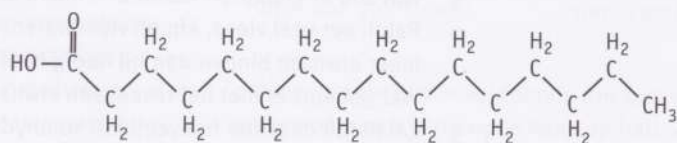
Koolhydraten kunnen ook een rol spelen als bouwstoffen. Een DNA-molecuul bevat bijvoorbeeld het monosaccharide desoxyribose. Je hebt ook geleerd dat celmembranen eiwitmoleculen met koolhydraatketens bevatten. In afbeelding 6 zie je voedingsmiddelen die veel koolhydraten bevatten.

Voedingsvezels zijn stoffen die niet door enzymen uit het verteringsstelsel van de mens worden verteerd. Het zijn voornamelijk koolhydraten (bijvoorbeeld cellulose en pectine) afkomstig uit de celwanden van plantaardige voedingsmiddelen. Een deel van de voedingsvezels kan in de darmen wel door bacteriën worden afgebroken. Voedingsvezels zijn belangrijk doordat ze de darmwerking en de stoelgang bevorderen. Ook zorgen voedingsvezels eerder voor een verzadigd gevoel waardoor je niet zo snel te veel eet. Hierdoor behoud je gemakkelijker een gezond gewicht.

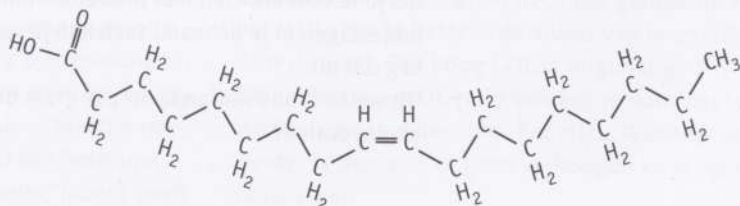
VETTEN (LIPIDEN)

Je hebt geleerd dat een vetmolecuul is opgebouwd uit een glycerolmolecuul en drie vetzuurmoleculen. De vetzuren kunnen verzadigd of onverzadigd zijn. Een molecuul van een **verzadigd vetzuur** bevat het maximale aantal waterstofatomen en heeft een rechte keten (zie afbeelding 7.1). Een molecuul van een **onverzadigd vetzuur** bevat niet het maximale aantal waterstofatomen en heeft door één of meer dubbele bindingen geen rechte keten (zie afbeelding 7.2). Enkelvoudig onverzadigde vetzuren hebben één dubbele binding in hun keten. Meervoudig onverzadigde vetzuren hebben er twee of meer. Vooral plantaardige oliën (bijvoorbeeld maïs-, soja- en zonnebloemolie) en vis bevatten veel onverzadigde vetzuren. Dierlijke vetten bevatten veel verzadigde vetzuren.

► Afb. 7 Vetzuurmoleculen.



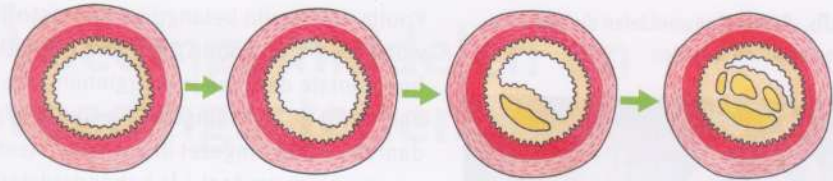
1 structuurformule van een verzadigd vetzuur (palmitinezuur)



2 structuurformule van een (enkelvoudig) onverzadigd vetzuur (oliezuur)

Cholesterol is een vet dat voorkomt in celmembranen en in het bloedplasma. Het meeste cholesterol wordt aangemaakt door de lever. Een klein deel krijg je binnen via je voeding. Verzadigde vetzuren bevorderen de afzetting van cholesterol tegen de binnenwand van bloedvaten waardoor ze nauwer worden (zie afbeelding 8). Dat

- **Afb. 8** Vernauwing van een bloedvat door afzetting van cholesterol (schematisch).



gebeurt vooral wanneer de bloedvatwanden zijn beschadigd. Dit kan op den duur leiden tot hart- en vaatziekten. Onverzadigde vetzuren verminderen de afzetting van cholesterol en kunnen er zelfs toe leiden dat het afgezette cholesterol in de bloedvaten minder wordt. Hierdoor wordt de kans op hart- en vaatziekten weer kleiner.

- ▼ **Afb. 9** Voedingsmiddelen die veel vetten bevatten.



Je lichaam kan glycerol en de meeste vetzuren vormen uit andere organische stoffen. Daardoor hoeft je voedsel maar weinig vetten te bevatten. Alleen enkele onverzadigde vetzuren moeten in het voedsel voorkomen (**essentiële vetzuren**). Een voorbeeld daarvan is linolzuur.

Vetten dienen vooral als **brandstoffen** in je lichaam. Bij de verbranding van 1 g vet komt 38 kJ energie vrij. Als je te veel vetten eet, sla je ze als reserve-energiebron op onder de huid en rondom je organen. Het vet onder de huid heeft een warmte-isolerende functie.

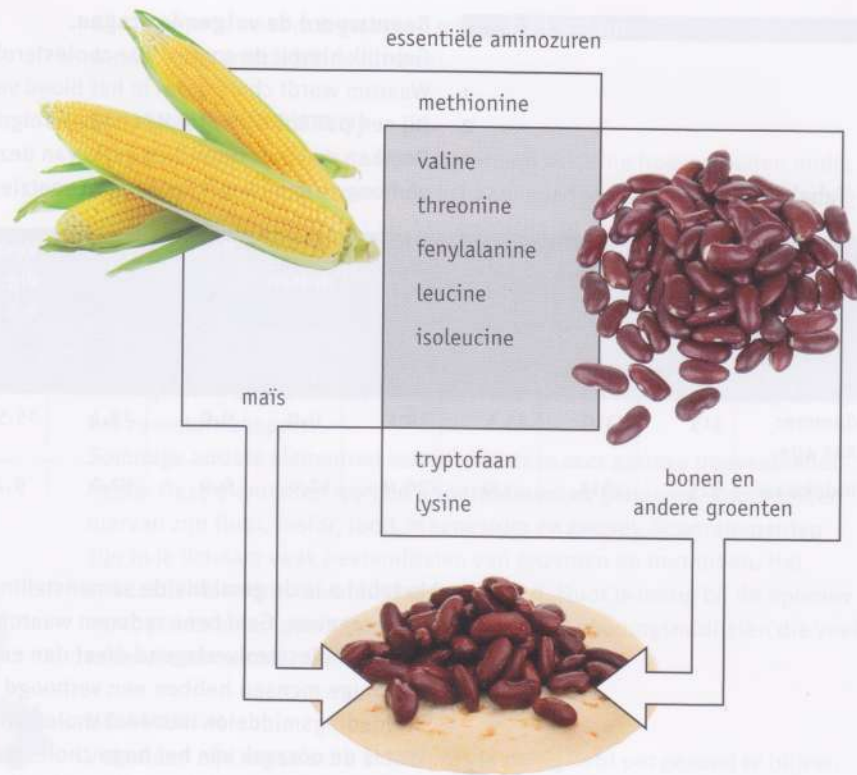
Vetten kunnen ook als **bouwstoffen** dienen. Je hebt geleerd dat fosfolipiden (vetachtige stoffen) een bestanddeel vormen van membranen. In afbeelding 9 zie je voedingsmiddelen die veel vetten bevatten.

opdracht 2

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 In welke organellen vindt de synthese van eiwitmoleculen uit aminozuurmoleculen plaats?
- 2 Vlees en dierlijke producten zoals eieren, melk en kaas leveren alle essentiële aminozuren. Maar een groot deel van de wereldbevolking is noodgedwongen vegetariër doordat ze geen vlees kunnen betalen. Plantaardige producten leveren niet alle essentiële aminozuren.
Leg met behulp van afbeelding 10 uit dat het voor arme mensen in Zuid-Amerikaanse landen van belang is om ten minste een combinatie van maïs en bonen te eten.
- 3 Wat zou er gebeuren wanneer iemand alleen maar bonen eet?
- 4 Ralph eet veel vlees, kip en vleeswaren. Hierdoor krijgt hij met zijn voedsel veel meer eiwitten binnen dan hij nodig heeft.
Wat gebeurt er met het teveel aan eiwitten dat Ralph binnenkrijgt?
- 5 Zal Ralph dezelfde hoeveelheid koolhydraten nodig hebben als iemand die geen overmaat aan eiwitten met zijn voedsel binnenkrijgt? Leg je antwoord uit.
- 6 Als je te veel eiwitten met je voedsel binnenkrijgt, wordt het overschot niet opgeslagen in je lichaam. Toch kun je van te veel eiwitten in je voedsel dik worden. Leg dat uit.
- 7 Uit welke brandstoffen komt per gram de meeste energie vrij: uit vetten of uit koolhydraten?

► Afb. 10 Een vegetarisch dieet.



DE CHOLESTEROL-HDL-RATIO

Cholesterol wordt in je bloed vervoerd door eiwitten die we lipoproteïnen noemen. LDL (Lage Dichtheid Lipoproteïne) en HDL (Hoge Dichtheid Lipoproteïne) zijn verschillende typen lipoproteïnen. LDL kan zich afzetten tegen de binnenwand van bloedvaten, wat kan leiden tot hart- en vaatziekten. HDL vervoert cholesterol dat niet wordt gebruikt in de cellen naar de lever en verlaagt het cholesterolgehalte van het bloed. Verzadigde vetzuren zorgen voor een toename van het LDL-gehalte. Onder invloed van onverzadigde vetzuren stijgt het HDL-gehalte waardoor het cholesterol in de bloedvatwanden wordt afgebroken en de kans op hart- en vaatziekten kleiner wordt.

Het cholesterolgehalte van je bloed is geen vaste waarde maar schommelt van nature. Een hoog cholesterolgehalte kan onder andere worden veroorzaakt door overgewicht, het eten van veel verzadigd vet, diabetes en erfelijke aanleg. Je kunt je cholesterolgehalte laten meten door bloedonderzoek. Er zijn meerdere metingen nodig om een betrouwbaar beeld te krijgen van je cholesterolgehalte. Tabel 1 geeft een overzicht van de betekenis van de gemeten resultaten.

Een verhoogd cholesterolgehalte is een risicofactor voor hart- en vaatziekten. De waarde van het totale cholesterol-

▼ Tabel 1

Het cholesterolgehalte is:	Het cholesterolgehalte is:
Lager dan 5,0 mmol/L	normaal
5,0 – 6,4 mmol/L	licht verhoogd
6,5 – 7,9 mmol/L	verhoogd
Hoger dan 8,0 mmol/L	sterk verhoogd

gehalte is echter niet voldoende om met zekerheid vast te stellen of je een verhoogde kans op hart- en vaatziekten hebt. Een arts kijkt ook naar de verhouding LDL en HDL. Dit wordt de cholesterol-HDL-ratio genoemd. Hoe hoger het HDL, des te beter is de afvoer van overtollig cholesterol naar de lever. Een hoog LDL is ongunstig. De cholesterol-HDL-ratio bereken je door het totale cholesterolgehalte te delen door het HDL. Wanneer de ratio kleiner is dan 4, is er geen verhoogde kans op hart- en vaatziekten.

Je kunt het cholesterolgehalte van je bloed verlagen door de juiste voeding te kiezen, beweging, te stoppen met roken, af te vallen bij overgewicht en door cholesterolverlagende medicijnen.

opdracht 3

Beantwoord de volgende vragen.

Gebruik hierbij de context 'De cholesterol-HDL-ratio'.

- 1 Waarom wordt cholesterol in het bloed vervoerd door lipoproteïnen?
- 2 Bij een patiënt is het totale cholesterolgehalte 6,5 mmol/L en het HDL 1,2 mmol/L. Bereken de cholesterol-HDL-ratio van deze patiënt en bepaal of de patiënt een verhoogde kans heeft op hart- en vaatziekten.

▼ Tabel 2

	Energie	Energie	Water	Eiwit	Koolhy- draten	Suikers	Vet	Verza- digd vet	Enkelv. onverz. vet	Meerv. onverz. vet	Choles- terol	Vezels
Eenheid per 100 g	kcal	kJ	g	g	g	g	g	g	g	g	mg	g
Edammer kaas 40+	313	1310	45,5	26,1	0,0	0,0	23,4	15,5	6,0	0,7	71,0	0,0
Pindakaas	625	2613	3,0	26,0	12,0	6,0	52,0	9,2	23,0	17,5	0,0	6,0

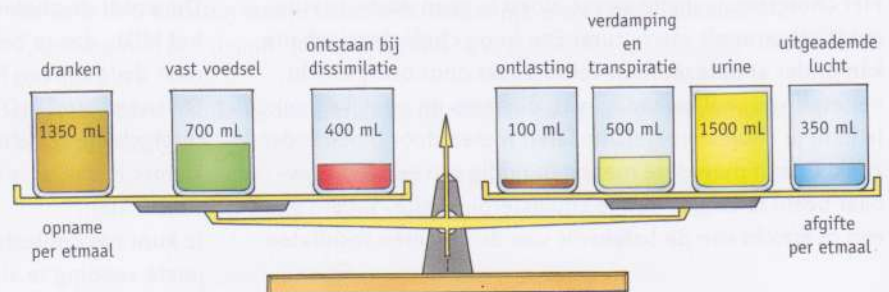
- 3 In tabel 2 is de gemiddelde samenstelling van Edammer kaas en van pindakaas weergegeven. Geef twee redenen waarom een boterham met pindakaas beter past in een cholesterolverlagend dieet dan een boterham met Edammer kaas.
- 4 Sommige mensen hebben een verhoogd cholesterolgehalte van het bloed terwijl ze voedingsmiddelen met veel cholesterol vermijden. Wat is de oorzaak van het hoge cholesterolgehalte bij deze mensen?
- 5 Welke voedingsmiddelen verlagen je cholesterolgehalte?

WATER

Alle organismen bestaan voor het grootste deel uit water. Een volwassen menselijk lichaam bevat ongeveer 60% water. Water is onder andere een belangrijke **bouwstof** voor je lichaamscellen en een **oplosmiddel** voor allerlei stoffen. Samen met de opgeloste stoffen bepaalt water de osmotische waarde van de vloeistoffen in het lichaam. Water is ook een **transportmiddel** (bijvoorbeeld in bloed). Verder speelt water een belangrijke rol bij de regeling van de lichaamstemperatuur. Door verdamping van het water uit zweet koelt het lichaam af.

Ook met uitgedemde lucht, urine en ontlasting raakt het lichaam water kwijt. Dit verlies wordt voor een klein deel aangevuld door het water dat bij dissimilatie ontstaat. De rest wordt aangevuld door eten en drinken (zie afbeelding 11). Als het lichaam plotseling veel water kwijtraakt (bijvoorbeeld bij hevige braken of diarree), kan dit levensgevaarlijk zijn.

► **Afb. 11** Waterbalans: de gemiddelde waarden per etmaal.



▼ Tabel 3 Kenmerken van enkele vitaminen.

Vitamine	Is nodig voor	Komt voor in	Gebreksziekte
A	de vorming van staafjesrood in het netvlies; de vorming van het gebit, botten en rode bloedcellen	melk, boter, margarine, lever, ei, vis; provitamine A komt voor in: tomaten, worteltjes	slecht zien in de schemering (nachtblindheid); verhoornen van het hoornvlies (leidt tot blindheid); schilferen van de huid; een verminderde weerstand
B1	een goede werking van zenuwstelsel en spieren	vlees, ei, gist, volkorenbrood, peulvruchten, granen, aardappelen	vermoeidheid, zenuwontstekingen en spierverslavingen (beriberi)
C	een goede opbouw van bindweefsel en bloedvaten; de vorming van hemoglobine en hormonen; goede lichaamsweerstand; bevordert de absorptie van ijzer in de darmen	fruit (vooral citrusvruchten), kool en andere bladgroenten, nieuwe aardappelen	vermoeidheid, verminderde weerstand tegen ziekten, tandvlesbloedingen, inwendige bloedingen (scheurbuik)
D	de resorptie van calcium en het vastleggen van calcium in beenderen en het gebit	margarine, eidooier, vette vis, paddenstoelen; kan in de huid worden gevormd onder invloed van ultraviolette straling in zonlicht	ontkalken van beenderen; vergroeiingen (rachitis)
K	een goede bloedstolling	bladgroenten (vooral kool), tomaten, tarwe, ei, lever, vis	stoornissen in de bloedstolling (bloedingen)

opdracht 4**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Noem vijf manieren waarop je lichaam water kan kwijtraken.
- 2 Hoeveel water heb je dagelijks ongeveer nodig volgens de waterbalans van afbeelding 11?
- 3 Hoeveel water moet je dagelijks via je voedsel binnenkrijgen?
- 4 Waterintoxicatie of watervergiftiging ontstaat wanneer iemand te veel water drinkt. In 2013 overleed een 20-jarige Nederlandse studente nadat ze een grote hoeveelheid water had gedronken na het innemen van een beetje MDMA-poeder (de werkzame stof in XTC, een drug). Door het drinken van veel water neemt de osmotische waarde van het bloed en van andere vloeistoffen buiten de cel af. Leg uit welke gevolgen dit heeft voor de lichaamscellen.
- 5 In thema 1 is behandeld dat enzymen stofwisselingsprocessen katalyseren (versnellen), zonder daarbij zelf te worden verbruikt. Leg uit dat je van spoorelementen, die bestanddelen vormen van enzymen, slechts zeer kleine hoeveelheden nodig hebt in je voeding.
- 6 Waarom hebben vrouwen in de vruchtbare periode van hun leven meer ijzer nodig dan mannen?
- 7 Vitamine D kan onder invloed van zonlicht in de huid worden gevormd uit provitamine. Waarom geven veel ouders hun opgroeiende kinderen in de wintermaanden extra vitamine D?

opdracht 5

Neem het volgende schema over en vul het in.

- Kruis aan of de voedingsstoffen fungeren als bouwstoffen en/of als brandstoffen.
- Noteer welke andere functies de voedingsstoffen hebben.

Voedingsstoffen	Bouwstoffen	Brandstoffen	Andere functies
Eiwitten			
Koolhydraten			
Vetten			
Water			
Mineralen			
Vitaminen			

opdracht 6

PRACTICUM

VOEDINGSSTOFFEN AANTONEN

Inleiding Voedingsstoffen kun je aantonen met indicatoren. In dit practicum ga je onderzoeken welke kleurveranderingen er optreden wanneer je indicatoren gebruikt om voedingsstoffen aan te tonen.

- Materiaal**
- 5 reageerbuizen en een reageerbuisrek
 - etiketten
 - eiwit van een ongekookt kippenei
 - biureet-reagens in een flesje met een druppelpipet
 - een brander met een driepoot en een gaasje
 - een reageerbuisknijper
 - een bekersglas van 500 mL
 - glucose
 - een mes (of een spatel)
 - fehling-reagens in een flesje met een druppelpipet
 - zetmeel
 - joodoplossing in een flesje met een druppelpipet
 - vitamine C-oplossing
 - DCPIP-oplossing in een flesje met een druppelpipet
 - slaolie
 - sudan-III-oplossing in een flesje met een druppelpipet

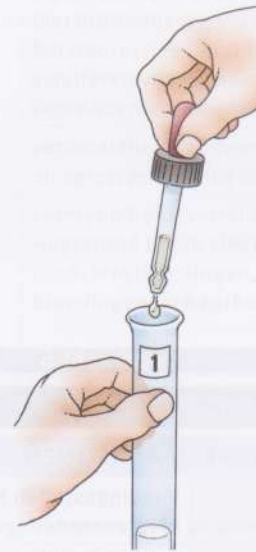
▼ Afb. 16



Methode

- Nummer de reageerbuisen van 1 tot en met 5.
- Vul het bekglas voor de helft met water, zet dit op de driepoot met gaasje en verhit het water met de brander.
- Eiwitten.
Doe een beetje eiwit in reageerbuis 1. Voeg ongeveer 3 mL water toe en schud de buis voorzichtig. Voeg dan enkele druppels biureet-reagens toe (zie afbeelding 17).
- Glucose.
Doe een mespunt glucose in reageerbuis 2. Voeg ongeveer 3 mL water toe en schud tot de glucose is opgelost. Voeg vervolgens ongeveer tien druppels fehling-reagens toe. Zet de buis in het bekglas met water en breng het water aan de kook. Verhit de buis tot de inhoud kookt.
- Zetmeel.
Doe een mespunt zetmeel in reageerbuis 3. Voeg ongeveer 3 mL water toe. Voeg vervolgens enkele druppels joodoplossing toe. Schud de buis.
- Vitamine C.
Doe een beetje vitamine C-oplossing in reageerbuis 4. Voeg één druppel DCPIP-oplossing toe. Schud de buis.
- Vetten.
Doe enkele druppels slaolie in reageerbuis 5. Voeg enkele druppels sudan-III-oplossing toe. Schud de buis. Voeg daarna ongeveer 3 mL water toe. Schud de buis weer. Let op waar de indicator zich ophoopt.

▼ Afb. 17

**Resultaten**

Neem het volgende schema over en noteer achter elke voedingsstof de indicator en de waarneming.

Voedingsstoffen aantonen

Voedingsstof	Indicator	Kleur(verandering)
Eiwitten		
Glucose		
Zetmeel		
Vitamine C		
Vetten		

opdracht 7

PRACTICUM

VOEDINGSSTOFFEN IN VOEDINGSMIDDELEN AANTONEN

Inleiding	<p>Voor de meeste voedingsmiddelen is uitgezocht welke voedingsstoffen erin voorkomen. Tegenwoordig moet dat op de verpakking worden vermeld.</p> <p>In dit practicum ga je met behulp van indicatoren zelf onderzoeken welke voedingsstoffen bepaalde voedingsmiddelen bevatten.</p>																														
Materiaal	<ul style="list-style-type: none"> - voedingsmiddelen, bijvoorbeeld brood, worst, ui, melk, sinas - een mes en een schaalte of een vijzel om de vaste voedingsmiddelen fijn te maken - 5 reageerbuizen en een reageerbuisrek - etiketten - biureet-reagens in een flesje met een druppelpipet - een brander met een driepoot en een gaasje - een reageerbuisknijper - een bekersglas van 500 mL - fehling-reagens in een flesje met een druppelpipet - joodoplossing in een flesje met een druppelpipet - DCPIP-oplossing in een flesje met een druppelpipet - sudan-III-oplossing in een flesje met een druppelpipet 																														
Methode	<ul style="list-style-type: none"> - Nummer de reageerbuizen van 1 tot en met 5. - Neem een voedingsmiddel. Als het voedingsmiddel vast is, maak je het goed fijn en doe je in elke reageerbuis een kleine hoeveelheid fijngemaakt voedingsmiddel. - Voeg aan de reageerbuizen 1 tot en met 4 ongeveer 2 mL water toe. Schud de buizen. - Reageerbuis 5 (zonder water) gebruik je om vetten aan te tonen. - Als het voedingsmiddel vloeibaar is, doe je in elke reageerbuis ongeveer 2 mL van het voedingsmiddel. - Vul het bekersglas voor de helft met water, zet dit op de driepoot met gaasje en verhit het water met de brander. - Onderzoek met behulp van de indicatoren of het voedingsmiddel eiwitten, glucose, zetmeel, vitamine C of vetten bevat. Verhit een reageerbuis in het bekersglas. - Nadat je in reageerbuis 5 sudan-III-oplossing hebt gedaan, voeg je hier ook ongeveer 2 mL water toe. - Noteer je resultaten op kladpapier. - Onderzoek vervolgens op dezelfde manier enkele andere voedingsmiddelen. - Maak tussendoor de buizen steeds goed schoon. 																														
Resultaten	<ul style="list-style-type: none"> - Neem het volgende schema over. - Noteer eerst je eigen gegevens. Zet een kruisje als het voedingsmiddel de voedingsstof bevat. - Vergelijk per voedingsmiddel je resultaten met die van medeleerlingen die ook dat voedingsmiddel hebben onderzocht. Probeer de oorzaak te achterhalen als de resultaten niet overeenkomen. - Noteer vervolgens de resultaten van medeleerlingen die andere voedingsmiddelen hebben onderzocht. <table border="1" data-bbox="359 1439 1257 1677" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr style="background-color: #333; color: white;"> <th style="padding: 5px;">Voedingsmiddel</th> <th style="padding: 5px;">Eiwitten</th> <th style="padding: 5px;">Glucose</th> <th style="padding: 5px;">Zetmeel</th> <th style="padding: 5px;">Vitamine C</th> <th style="padding: 5px;">Vetten</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">Bijvoorbeeld kaas</td> <td style="width: 30px;"></td> <td style="width: 30px;"></td> <td style="width: 30px;"></td> <td style="width: 30px;"></td> <td style="width: 30px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> </td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> </td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> </td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Voedingsmiddel	Eiwitten	Glucose	Zetmeel	Vitamine C	Vetten	Bijvoorbeeld kaas																							
Voedingsmiddel	Eiwitten	Glucose	Zetmeel	Vitamine C	Vetten																										
Bijvoorbeeld kaas																															

3 Gezonde voeding

De basis van gezonde voeding is **variatie**. Alle producten die je eet en drinkt, kunnen een bijdrage leveren aan een goede voeding, als je ze maar in de juiste verhoudingen en hoeveelheden gebruikt.

Belangrijk voor een goede voeding is ook dat je voedsel op een goede manier bewaart en bereidt. In sommige voedingsmiddelen komen **additieven** (**toegevoegde stoffen**) voor. Sommige additieven zijn schadelijk voor je gezondheid wanneer je er te veel van binnenkrijgt.

ADVIEZEN VOOR GEZONDE VOEDING

Het Voedingscentrum geeft adviezen over voeding en heeft hiervoor de **Schijf van Vijf** samengesteld (zie afbeelding 18). In de vakken van de Schijf van Vijf staan vijf groepen voedingsmiddelen die je dagelijks nodig hebt. Als je elke dag iets uit elk vak eet of drinkt, krijg je alle voedingsstoffen binnen die je lichaam nodig heeft. Uit de grotere vakken moet je vaker voedingsmiddelen kiezen dan uit de kleinere vakken. De grote vakken bevatten plantaardige voedingsmiddelen. In de Schijf van Vijf staan adviezen. In afbeelding 19 zijn deze adviezen toegelicht.

► Afb. 18 De Schijf van Vijf.

vak 1
de voedingsmiddelen leveren vooral koolhydraten, vitamine C, water en voedingsvezels

vak 2
deze voedingsmiddelen leveren vooral zetmeel, plantaardige eiwitten, vitaminen, mineralen en voedingsvezels



vak 3
deze voedingsmiddelen leveren vooral (dierlijke) eiwitten, vitaminen en mineralen (onder andere kalk en ijzer)

vak 4
deze voedingsmiddelen leveren vooral vetten en vitaminen

vak 5
de voedingsmiddelen in dit vak leveren water

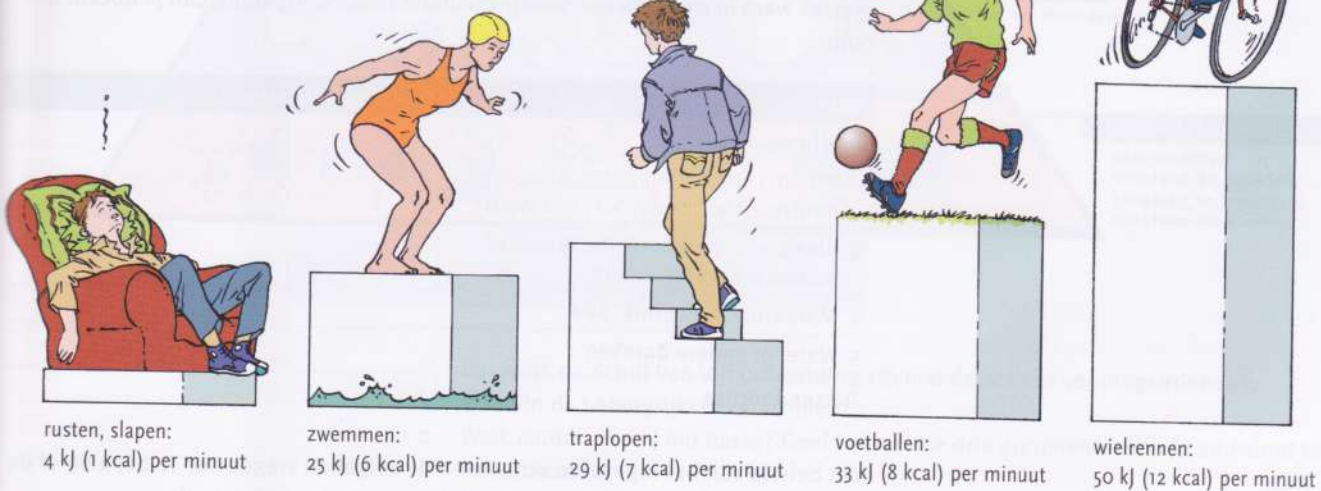
▼ Afb. 19

Adviezen voor gezonde voeding

- 1 **Eet gevarieerd**
 - Door elke dag voedingsmiddelen te kiezen uit alle vakken van de Schijf van Vijf, krijg je alle voedingsstoffen binnen die je nodig hebt.
- 2 **Eet niet te veel en beweeg**
 - Beweeg elke dag minstens 60 minuten.
- 3 **Eet minder verzadigd vet**
 - Eet drie maal per dag een maaltijd (ontbijt, lunch, diner) en niet vaker dan drie tot vier keer iets tussendoor.
 - Gebruik niet te veel vet, suiker, zout en alcohol.
 - Eet weinig verzadigd vet (vast vet). Vooral dierlijk vet is verzadigd. Kies voor onverzadigd vet (vloeibaar vet).
 - Eet twee keer per week (vette) vis.
- 4 **Eet veel groente, fruit en brood**
 - Groente, fruit en brood leveren veel voedingsstoffen en weinig energie. Ze bevatten veel voedingsvezels en geven daardoor snel een verzadigd gevoel.
- 5 **Ga veilig met je voedsel om**
 - Voorkom voedselvergiftiging door een goede voedselhygiëne.

De **hoeveelheid voedsel** die je nodig hebt, is vooral afhankelijk van je energiebehoefte. In thema 1 Stofwisseling is behandeld dat de energiebehoefte in rust (de basale stofwisseling) afhankelijk is van verschillende factoren, zoals het **geslacht**, de **leeftijd**, de **milieutemperatuur** en het **lichaamsgewicht**. Bij activiteit is de energiebehoefte afhankelijk van de **lichamelijke inspanning** (zie afbeelding 20).

▼ Afb. 20 Energiebehoefte bij verschillende activiteiten.



opdracht 8

Beantwoord de volgende vragen.

Bij het beantwoorden van de vragen 1 tot en met 4 kun je tabel 3, afbeelding 18 en de afbeeldingen met voedingsmiddelen in basisstof 1 gebruiken.

- 1 In de Schijf van Vijf zijn de voedingsmiddelen ingedeeld in verschillende vakken. Welke vakken leveren onder andere koolhydraten en voedingsvezels?

▼ **Tabel 4** Gemiddelde samenstelling van moedermelk.

Stof	Hoeveelheid	
	g/L	mg/L
Water	870	
Koolhydraten	70	
Eiwitten totaal	12	
Vetten	45	
Antistof-eiwit		50-100
Vitamine A		0,6
Vitamine C		3,5
Vitamine D		0,0001
Calcium		350
Ijzer		0,8

- Bij iemand met osteoporose neemt de botmassa af en worden de botten minder sterk.
Uit welke vakken moet je voedingsmiddelen gebruiken om voedingsstoffen binnen te krijgen die bijdragen aan de botopbouw? Leg je antwoord uit.
- Welke vakken leveren water?
- Het Voedingscentrum adviseert om plantaardige vetten te gebruiken in plaats van dierlijke vetten.
Leg uit waarom frituren met zonnebloemolie beter is dan frituren met vast frituurvet.
- De energiebehoefte van meisjes neemt vanaf 16 jaar gemiddeld vrijwel niet meer toe, die van jongens wel. Leg uit waarmee dat samenhangt.
- Van twee even grote en even oude personen is de een bouwvakker en de ander ambtenaar.
Wie van de twee zal waarschijnlijk de grootste energiebehoefte hebben? Leg je antwoord uit.
- Noem drie processen in je lichaam die deel uitmaken van de basale stofwisseling.
- Veel vrouwen geven hun baby borstvoeding. In tabel 4 is de gemiddelde samenstelling van moedermelk weergegeven. De dagelijkse eiwitbehoefte van een baby is gemiddeld 1,8 g eiwit per kilogram lichaamsgewicht.
Bereken hoeveel liter moedermelk een baby die 4 kg weegt per dag minimaal moet drinken om in ieder geval in de dagelijkse behoefte aan eiwitten te voorzien.

opdracht 9

Om er zeker van te zijn dat je voeding voldoet aan de adviezen voor gezonde voeding, moet je gedurende langere tijd precies bijhouden wat je eet en drinkt. Ook je geslacht, gewicht en lichamelijke inspanning moeten in de beoordeling worden meegenomen. Door een dag lang bij te houden wat je eet en drinkt, kun je wel een indruk krijgen of je voeding voldoende gezond is. Neem het volgende schema over en noteer een dag lang wat je eet en drinkt. Noteer de voedingsmiddelen die je hebt gebruikt in het juiste vak. Wanneer je niet precies weet in welk vak een voedingsmiddel thuishoort, vraag dan je docent om hulp.

Vak	Voedingsmiddelen
1	Groenten en fruit
2	Brood, rijst, aardappelen, spaghetti, peulvruchten, couscous, enzovoort
3	Vlees, vis, eieren, tahoe, tempé of andere vleesvervangers
4	Margarine, halvarine, olie
5	Water of andere dranken
	Tussendoortjes

Met behulp van het ingevulde schema en de volgende vragen kun je bepalen of de voeding van een dag voldoet aan de adviezen voor gezonde voeding.

- Heb je drie maaltijden gebruikt?
- Heb je voedingsmiddelen uit alle vakken van de Schijf van Vijf gebruikt?
- Heb je meer voedingsmiddelen uit vak 1 en 2 gebruikt dan uit de andere vakken?
- Heb je weinig voedingsmiddelen uit vak 3 gebruikt?
- Heb je ongeveer 1,5 L gedronken? Eén consumptie is ongeveer 0,2 L.
- Heb je niet vaker dan vier keer iets tussendoor gebruikt?

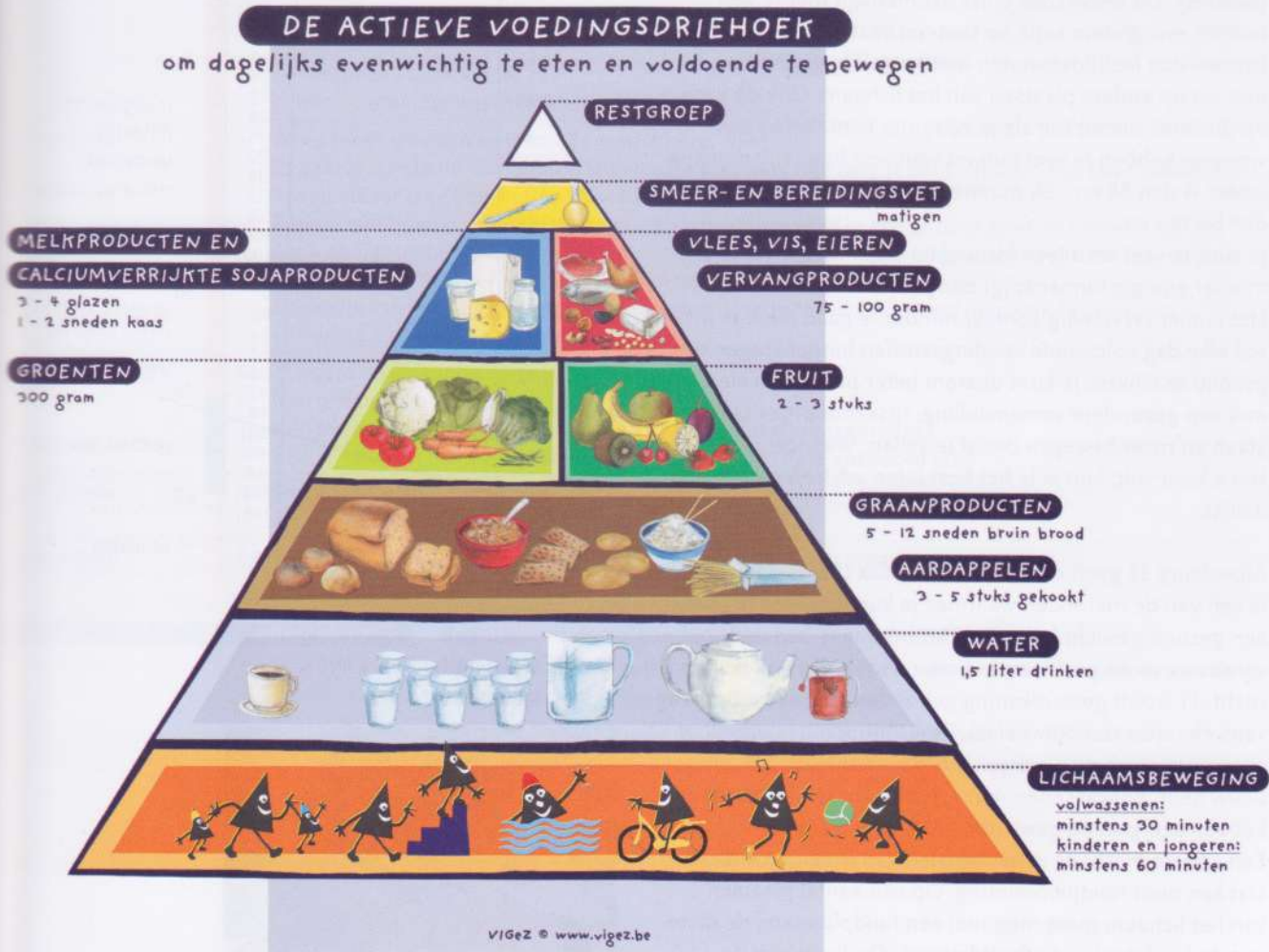
- 7 Wanneer je vraag 1 tot en met 6 hebt beantwoord met ja, heb je waarschijnlijk gezond gegeten op die dag. Wanneer je vragen hebt beantwoord met nee, had het op die punten beter gekund.

Beoordeel nu zelf of je gezond hebt gegeten.

opdracht 10

In veel landen gebruikt men een piramide als model om mensen te adviseren over gezonde voeding. In België gebruikt men de actieve voedingsdriehoek (zie afbeelding 21).

▼ Afb. 21 De actieve voedingsdriehoek.



Vergelijk de Schijf van Vijf (afbeelding 18) met de actieve voedingsdriehoek.

- 1 Wat zijn de belangrijkste verschillen?
- 2 Welk model vind jij het beste? Geef ten minste drie argumenten om je antwoord te onderbouwen.

EEN GEZOND GEWICHT?

Het is niet verstandig regelmatig meer te eten dan je lichaam nodig heeft. Als je te veel eet, loop je het risico zwaarder en dikker te worden doordat je te veel vet opslaat in het onderhuidse bindweefsel en rondom organen (buikvet). Uit onderzoek blijkt dat mensen met te veel buikvet een grotere kans op hart- en vaatziekten en kanker hebben dan leeftijdsgenoten met hetzelfde gewicht maar met vet op andere plaatsen van het lichaam. Ook de kans op diabetes neemt toe als je zwaarder bent. Volwassen vrouwen hebben te veel buikvet wanneer hun tailleomvang groter is dan 88 cm. Bij mannen wordt de grens overschreden bij 102 cm.

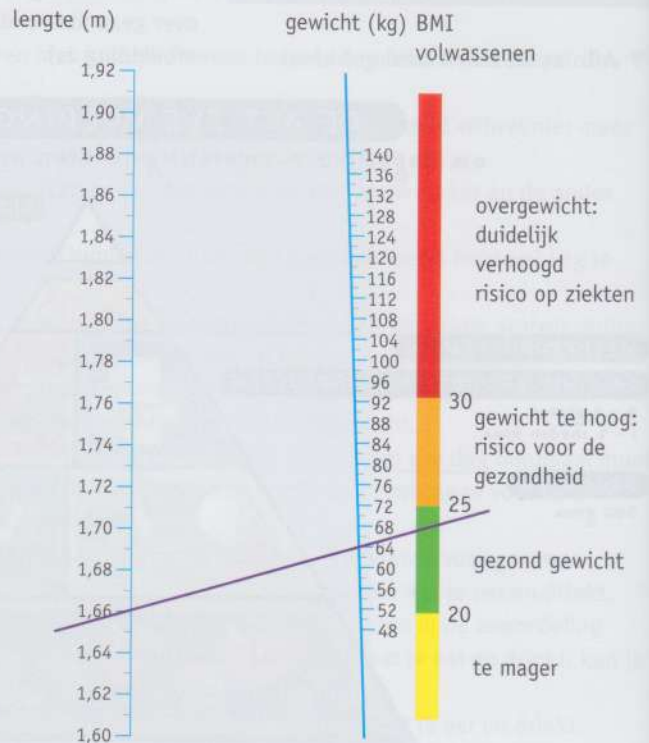
Je kunt te veel vet alleen kwijtraken als je met je voedsel minder energie binnenkrijgt dan je verbruikt.

Het is niet verstandig zomaar minder te gaan eten. Je moet wel elke dag voldoende voedingsstoffen binnenkrijgen om gezond te blijven. Je kunt daarom beter producten kiezen met een gezondere samenstelling, tussendoortjes laten staan en meer bewegen om af te vallen. Wanneer je veel kilo's kwijt wilt, kun je je het best laten adviseren door een diëtist.

Afbeelding 22 geeft de Body Mass Index (BMI) weer. Dit is een van de methoden waarmee je kunt bepalen of je een gezond gewicht hebt. De BMI-meting is bedoeld voor volwassenen en geeft een indicatie voor onder- of overgewicht. Er wordt geen rekening gehouden met de verhouding van vet-, spier- en botweefsel. De BMI-meting is daardoor alleen betrouwbaar wanneer je een gemiddelde lichaamsbouw hebt. Volwassenen met een BMI tussen de 20 en 25 hebben een gezond gewicht.

Een andere methode is het bepalen van je vetpercentage. Dat kan door huidplooiemeting. Op een aantal plaatsen van het lichaam meet men met een huidplooi tang de dikte van de huidplooi (zie afbeelding 23). Op basis van de dikte van de huidplooien kun je het vetpercentage van het lichaam berekenen. Voor een globale bepaling van je eigen vetpercentage kun je gebruikmaken van methoden die op internet worden aangeboden. Je gaat hiermee aan de slag in opdracht 11.

▼ Afb. 22 De Body Mass Index (BMI).



▼ Afb. 23 Huidplooiemeting met een huidplooiemeter.



opdracht 11

PRACTICUM

EEN GEZOND GEWICHT?

Inleiding	Voor een gezond gewicht moet de voedselopname zijn afgestemd op het energieverbruik. In de context 'Een gezond gewicht?' worden twee methoden beschreven waarmee je bij benadering kunt bepalen of je een gezond gewicht hebt. In dit practicum ga je onderzoeken of je een gezond gewicht hebt.
Materiaal	<ul style="list-style-type: none"> - een weegschaal (eventueel) - een meetlat (eventueel) - een meetlint - de BMI-index (afbeelding 22) - een computer met internetaansluiting
Methode	<ul style="list-style-type: none"> - Weeg jezelf (thuis) wanneer je je gewicht niet weet. - Bepaal je lengte (in centimeter) wanneer je niet weet hoe lang je bent. (Je kunt ook twee meetlinten boven elkaar tegen de muur plakken.) - Bepaal met behulp van de BMI-index van afbeelding 22 of je een gezond gewicht hebt. - Zoek op internet een site waarmee je kunt bepalen of je een gezond gewicht hebt door je vetpercentage te berekenen. Zoek op: vetpercentage bepalen. - Bepaal je vetpercentage door de gevraagde maten in te vullen. Je hebt hiervoor de gegevens van vraag 1 en 2 nodig en een meetlint.
Resultaten	Beantwoord de volgende vragen. <ol style="list-style-type: none"> 1 Heb je een gezond gewicht volgens de BMI-index? 2 Heb je een gezond vetpercentage volgens de vetpercentagemeting? 3 Ben je het eens met de uitkomst van de metingen? Leg je antwoord uit.
Conclusie	Noteer in je schrift: Ik heb een gezond gewicht óf ik heb geen gezond gewicht.
Discussie	De resultaten van het practicum zijn wel/niet betrouwbaar, doordat ...

opdracht 12

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Het is niet vanzelfsprekend dat iemand met een gezond gewicht voldoet aan de eisen voor een gezonde voeding. Leg dat uit.
- 2 Maarten doet aan judo en heeft daardoor flink veel spieren. Hij doet mee aan de Nederlandse kampioenschappen. Volgens de BMI-meting heeft Maarten geen gezond gewicht.
Leg uit waarom dit niet klopt.

4 Voedsel conserveren

▼ Afb. 24



1 gepasteuriseerde melk



2 UHT-gesteriliseerde melk

Bacteriën en schimmels kunnen ons voedsel bederven. Door de omstandigheden voor deze micro-organismen ongunstig te maken, zijn voedingsmiddelen langer houdbaar. Dit noemen we **conserveren**. Dat kan op verschillende manieren. Voedsel dat snel bederft, kun je het best bij een lage temperatuur bewaren (bijvoorbeeld gepasteuriseerde melk, zie afbeelding 24.1). In thema 1 Stofwisseling heb je geleerd dat de activiteit van enzymen afhankelijk is van de temperatuur en van de zuurgraad. Bij een **lage temperatuur** zijn de meeste enzymen niet actief. Ook de enzymen in micro-organismen niet, zodat ze zich dan niet goed kunnen ontwikkelen. Daardoor bederft voedsel niet of slechts langzaam. Hoe lager de temperatuur waarbij je voedsel bewaart, hoe langer het goed blijft. Bij het **invriezen** van voedingsmiddelen wordt de temperatuur zo snel mogelijk omlaag gebracht tot $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. In een diepvriezer kan het voedsel dan wel enkele weken of maanden goed blijven. De micro-organismen in het voedsel gaan bij lage temperaturen niet dood. Hun enzymen zijn slechts tijdelijk inactief of minder actief. Als je voedsel uit de koelkast haalt of ontdooit, kunnen de micro-organismen zich snel vermenigvuldigen. Je moet dit voedsel dan ook snel klaarmaken.

Bij een **hoge temperatuur** gaan micro-organismen dood, doordat hun enzymen denatureren. Door melk korte tijd te verhitten tot $72\text{ }^{\circ}\text{C}$ (**pasteuriseren**) gaan veel micro-organismen dood, maar niet alle. Bij het **steriliseren** van melk wordt de melk verhit tot $120\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hierdoor gaan vrijwel alle micro-organismen dood. Door **UHT-sterilisatie** (ultra high temperature) wordt de houdbaarheid van melk nog groter. Melk wordt dan verhit tot $135\text{ }^{\circ}\text{C}$ waardoor niet alleen de micro-organismen, maar ook hun sporen worden gedood (zie afbeelding 24.2). Na het steriliseren wordt de melk verpakt en naverhit. Een ongeopend pak gesteriliseerde melk is maandenlang buiten de koelkast houdbaar.

Als verhit voedsel afkoelt, kunnen er nieuwe micro-organismen op terecht komen (bijvoorbeeld uit de lucht). Om dit te voorkomen moet je het voedsel direct na het verhitten luchtdicht verpakken. Dat kan bijvoorbeeld door het voedsel in te blikken (zie afbeelding 25) of vacuüm te verpakken (zie afbeelding 26). De voedingsmiddelen zijn dan langer houdbaar, doordat micro-organismen niet kunnen groeien door een gebrek aan zuurstof.

▼ Afb. 25 Ingeblikte voedingsmiddelen.



▼ Afb. 26 Vacuüm verpakte voedingsmiddelen.



▼ Afb. 27 Voedingsmiddelen in gasverpakking.



▼ Afb. 28 Conserveren.



1 door veel zuur

2 door veel suiker

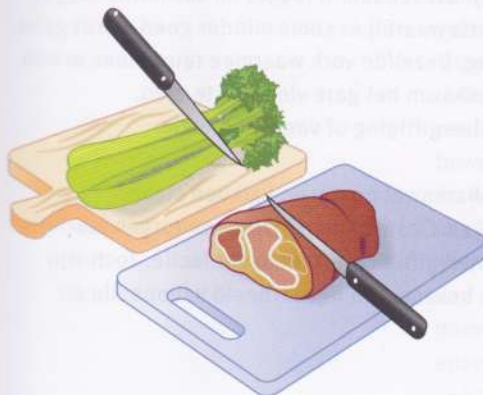


3 door veel zout

▼ Afb. 29 Wijn bevat sulfiet als conserveermiddel.



▼ Afb. 30 Voorkom kruisbesmetting.



Je kunt voedingsmiddelen ook **gasverpakken** (zie afbeelding 27). Het voedingsmiddel wordt verpakt in een speciale verpakking met één enkel gas of met een bepaalde combinatie van gassen. Hiervoor gebruikt men vooral koolstofdioxide, stikstof en zuurstof. Koolstofdioxide heeft bijvoorbeeld een remmende werking op de groei van micro-organismen.

ADDITIEVEN (TOEGEVOEGDE STOFFEN)

Conserveren kan ook door **conserveermiddelen** toe te voegen aan voedsel. Door bijvoorbeeld veel suiker, zout of zuur (azijn) aan voedingsmiddelen toe te voegen, zijn ze langer houdbaar (zie afbeelding 28). Wijn bederft minder snel door er sulfiet aan toe te voegen (zie afbeelding 29). Andere additieven worden aan voedingsmiddelen toegevoegd om bepaalde eigenschappen te verbeteren. Door bijvoorbeeld **kleurstoffen** toe te voegen aan voedingsmiddelen zien ze er aantrekkelijker uit. **Emulgatoren** maken het mogelijk om water en vet te mengen, bijvoorbeeld in frietsaus. **Antioxidanten** beschermen een voedingsmiddel tegen aantasting door zuurstof, waardoor de smaak niet bederft. Zonder antioxidant wordt mayonaise snel ranzig. Kruiden of kunstmatige toevoegingen die de natuurlijke smaak van voedsel versterken, noem je **smaakversterkers**. Kunstmatige smaakversterkers hebben van zichzelf geen of weinig smaak. Een bekend voorbeeld is ve-tsin (mononatriumglutamaat) dat men gebruikt in veel hartige voedingsmiddelen. Zowel natuurlijke als kunstmatige additieven mogen pas worden gebruikt, wanneer uit onderzoek is gebleken dat ze geen gezondheidsrisico's opleveren. Als ze zijn goedgekeurd, krijgen ze in de Europese Unie een E-nummer. Zo heeft sulfiet E220 als E-nummer en ve-tsin E621. Additieven zijn soms schadelijk als je ze in grote hoeveelheden binnenkrijgt. Van sulfiet kun je dan bijvoorbeeld flinke hoofdpijn krijgen. Daarom is van een aantal additieven vastgesteld hoeveel je er dagelijks van binnen mag krijgen zonder dat je gezondheid gevaar loopt. Dit noemen we de **aanvaardbare dagelijkse inname (ADI)**. Vooral light-producten en kant-en-klare producten bevatten veel additieven.

VOEDSELBEREIDING

Door goed op te letten bij het kopen en bereiden van voedsel, kun je voorkomen dat je ziek wordt. Het is bijvoorbeeld verstandig om bij het kopen van voedingsmiddelen op de houdbaarheidsdatum te letten. Producten die snel bederven, kun je beter op het laatst kopen en ze thuis zo snel mogelijk in de koelkast of diepvries leggen. Haal ze daar pas weer uit als je ze nodig hebt. Volg ook de bewaar- en bereidingsadviezen goed op. Was je handen voordat je gaat koken. Was ze ook tussendoor, bijvoorbeeld na het snijden van vlees en voordat je aan tafel gaat. Gebruik bij het koken schone keukenspullen en vervang de vaatdoek, handdoek en theedoek elke dag. Om te voorkomen dat er bacteriën van het ene product op het andere product terecht komen (kruisbesmetting), kun je het best verschillende snijplanken en messen gebruiken of ze tussendoor steeds goed afwassen (zie afbeelding 30). Ook kun je daarom rauw en gaar eten het best apart houden. Producten als vlees, vis en schelpdieren moet je goed verhitten totdat ze gaar zijn en groenten en fruit moet je heel goed wassen.

Door voedsel onhygiënisch te bewaren of te bereiden, kunnen ziekmakende micro-organismen in het voedsel terechtkomen en zich snel vermenigvuldigen. Sommige van deze micro-organismen produceren afvalstoffen die giftig voor ons zijn. Hierdoor kun je **voedselvergiftiging** oplopen. Je hebt dan klachten als buikpijn, braken en diarree. Wanneer een ziekmakende hoeveelheid micro-organismen in de darm terechtkomt, kan de darmwand hierdoor worden geprikkeld of aangetast en zelfs ontstoken raken. Je hebt dan een **voedselinfectie**. Dit veroorzaakt buikpijn, diarree en soms koorts. De micro-organismen kunnen nog tot enige weken daarna in de ontlasting voorkomen. Door een slechte (toilet)hygiëne kun je in die tijd ook anderen besmetten.

De meeste ziekmakende bacteriën komen voor op dierlijke producten, zoals vlees (vooral op kip), vis, ei en zuivel. Maar ook op groente en fruit kunnen deze bacteriën voorkomen. Op kiemgroenten zoals taugé, kunnen bijvoorbeeld salmonellabacteriën voorkomen. Je kunt deze groenten daarom beter niet rauw eten. De meeste voedselvergiftigingen en voedselinfecties worden niet veroorzaakt door salmonella. De klachten bij een besmetting met salmonella of campylobacter zijn vaak wel ernstiger.

opdracht 13

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Gepasteuriseerde melk is na een uur buiten de koelkast een dag korter houdbaar. Geef hiervoor een verklaring.
- 2 Een pak gesteriliseerde melk kun je ongeopend buiten de koelkast bewaren. Leg uit hoe dat kan.
- 3 Waarom moet je een geopend pak gesteriliseerde melk in de koelkast bewaren en binnen vijf dagen gebruiken?
- 4 Voor gasverpakken worden gassen gebruikt die ook voorkomen in de atmosfeer. Waarom bederven voedingsmiddelen die zijn verpakt met deze gassen niet, terwijl dat in de normale atmosfeer wel gebeurt?
- 5 Sommige voedingsmiddelen zijn langer houdbaar door ze te drogen. Waarom kunnen micro-organismen zich niet goed ontwikkelen op deze voedingsmiddelen?
- 6 Door veel zout of suiker toe te voegen aan voedsel, wordt de osmotische waarde veel hoger. Leg uit waarom micro-organismen niet kunnen overleven in deze omstandigheden.
- 7 Op het etiket van de frisdrank lemon-cactus staan de volgende ingrediënten vermeld: koolzuurhoudend mineraalwater, appelsap, citroensap, natuurlijk aroma, citroenzuur (E330), cyclamaat (E952), acesulfaam-K (E950), sacharine (E954), trinitriumcitraat (E331), vitamine C (E300), sorbinezuur (E200), benzoëzuur (E210). Zoek in de lijst met additieven in *Binas* de functies op van E200 (sorbinezuur), E210 (benzoëzuur), cyclamaat (E952), acesulfaam-K (E950) en sacharine (E954).
- 8 Gourmetten is een sociale gebeurtenis waarbij er soms minder goed wordt gelet op een hygiënische voedselbereiding. Dezelfde vork waarmee rauw vlees in een pannetje is gedaan, wordt ook gebruikt om het gare vlees op te eten. Leg uit dat dit kan leiden tot voedselvergiftiging of voedselinfectie.
- 9 Lees het etiket van afbeelding 31. Waarom moet dit etiket volgens de Warenwet op kip en kalkoen staan?
- 10 De bacteriën *Staphylococcus aureus* en *Clostridium perfringens* zorgen jaarlijks voor de meeste gevallen van voedselvergiftiging en voedselinfectie. Toch zijn deze micro-organismen veel minder bekend dan bijvoorbeeld salmonella en campylobacter. Wat is hiervan de oorzaak?

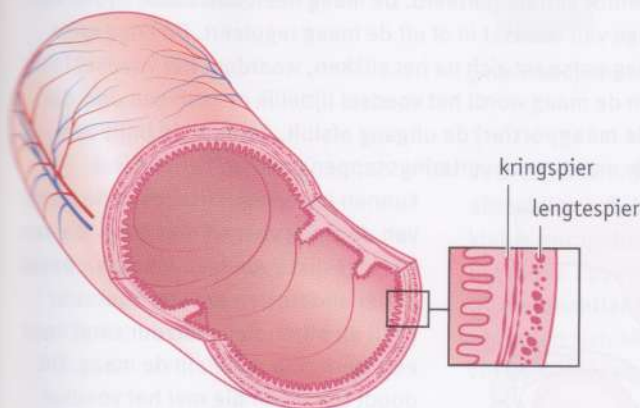
▼ Afb. 31



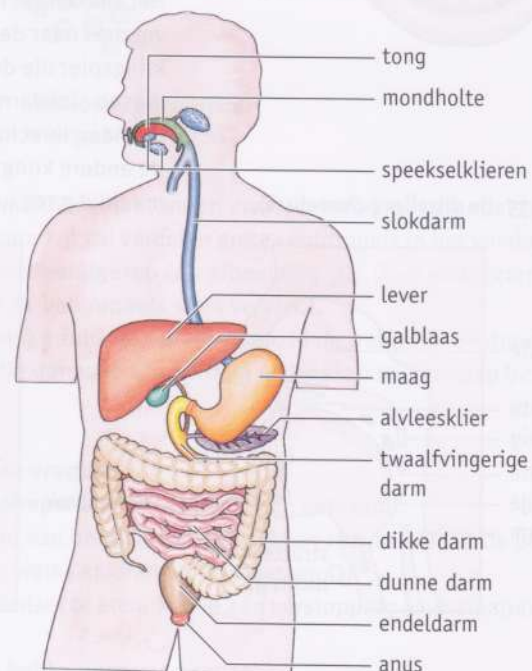
5 Het verteringsstelsel van de mens

In het darmkanaal (verteringskanaal) vindt vertering van het voedsel plaats. Grote moleculen (eiwitten, koolhydraten en vetten) uit de voedselbrij worden met enzymen afgebroken tot kleine moleculen die vervolgens via de cellen van de darmwand worden opgenomen in het bloed. In het lichaam kunnen van deze kleine moleculen weer grote moleculen worden gemaakt.

▼ Afb. 32 Kringspijeren en lengtespijeren in het darmkanaal (schematisch).



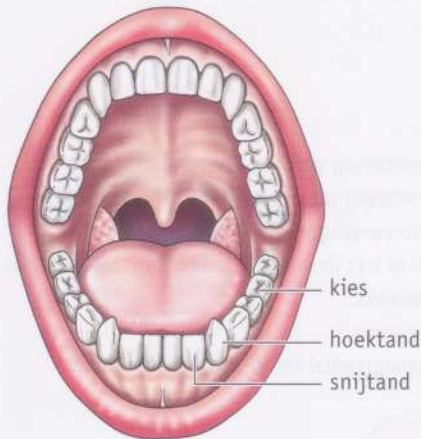
▼ Afb. 33 Het verteringsstelsel van de mens (schematisch).



In de wand van het hele darmkanaal bevinden zich **kringspijeren** en **lengtespijeren** (zie afbeelding 32). Door het afwisselend samentrekken van deze spieren ontstaat de **darmperistaltiek**. Hierdoor wordt de voedselbrij voortgeduwd. De voedselbrij wordt hierdoor ook gekneed en goed gemengd met de **verteringssappen** die **verteringsklieren** afgeven aan de voedselbrij in het darmkanaal. Veel verterings-sappen bevatten **enzymen**.

In thema 6 Regeling en waarneming van deel 4 is behandeld dat het autonome zenuwstelsel de darmperistaltiek regelt. Je kunt de peristaltische bewegingen niet bewust versnellen of vertragen. Voedingsvezels en lichaamsbeweging stimuleren de darmperistaltiek, vooral in de dikke darm. Hierdoor verloopt de stoelgang goed. In afbeelding 33 is het verteringsstelsel van de mens schematisch getekend. Het voedsel ondergaat in het darmkanaal allerlei bewerkingen. Het kauwen van voedsel met je gebit en het kneden en mengen van de voedselbrij door de darmperistaltiek wordt **mechanische vertering** genoemd. Hierdoor kunnen enzymen uit verterings-sappen beter op het voedsel inwerken. De bewerking van voedsel door enzymen wordt **chemische vertering** genoemd.

▼ **Afb. 34** Het gebit (zonder verstandskiezen).

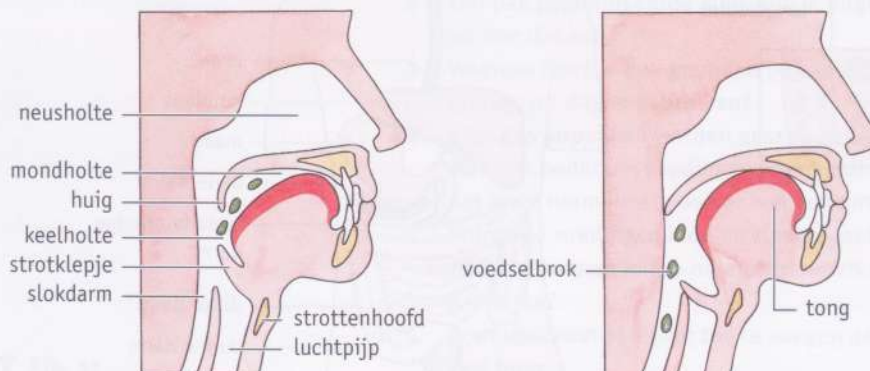


Het kauwen gebeurt door de **kiezen** (zie afbeelding 34). **Snijtanden** en **hoek tanden** dienen vooral voor het afbijten van stukken voedsel.

Bij het kauwen wordt het voedsel in kleine stukjes verdeeld, waardoor het totale oppervlak van het voedsel wordt vergroot. Ook wordt het voedsel gemengd met **speeksel**. De **enzymen** in speeksel kunnen daardoor goed op het voedsel inwerken. Speeksel is **slijmerig** waardoor het inslikken van de voedselbrokken gemakkelijker gaat. Met de tong wordt het gekauwde voedsel naar de keelholte geduwd. Voedsel in de keelholte veroorzaakt prikkels die de **slikreflex** in werking zetten. De neusholte wordt afgesloten met de **huig**. Tegelijk beweegt het **strottenhoofd** iets omhoog en het **strotklepje** kantelt naar achter, zodat de toegang naar de luchtpijp wordt afgesloten (zie afbeelding 35). Het voedsel kan dan alleen de **slokdarm** in.

Het slikken zet in de slokdarm peristaltische bewegingen in werking, zodat het voedsel naar de **maag** wordt getransporteerd. De maag heeft aan beide zijden een kringspier die de passage van voedsel in of uit de maag reguleert. De kringspier tussen slokdarm en maag ontspant zich na het slikken, waardoor het voedsel in de maag terecht komt. In de maag wordt het voedsel tijdelijk opgeslagen doordat de andere kringspier (**de maagportier**) de uitgang afsluit. Gemiddeld blijft een maaltijd 3 tot 4 uur in de maag zodat verteringssappen goed op het voedsel

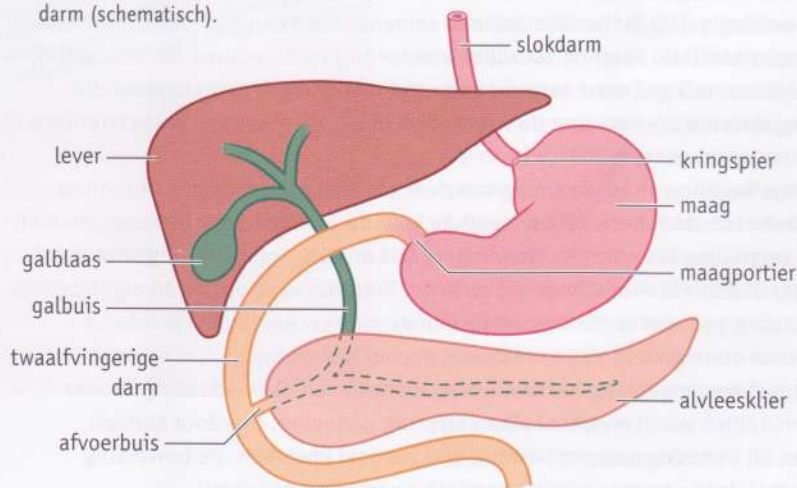
▼ **Afb. 35** De slikreflex (schematisch).



kunnen inwerken. Kliertjes in de wand van de maag voegen **maagsap** toe aan het ingeslikte voedsel. Maagsap bevat onder andere een **enzym**, **zoutzuur** (HCl) en **slijm**. Het zoutzuur zorgt voor een sterk zuur milieu in de maag. Dit doodt bacteriën die met het voedsel zijn meegekomen. Het slijm vormt een beschermende laag tegen de binnenzijde van de maagwand. Dit verhindert dat het maagsap de epitheelcellen van de maagwand aantast.

Van tijd tot tijd ontspant de maagportier zich. Een kleine hoeveelheid voedsel gaat dan door naar de **twaalfvingerige darm**. Dit is het eerste gedeelte van de dunne darm. In de twaalfvingerige darm monden de afvoerbuizen van de **lever** en de **alvleesklier** uit (zie afbeelding 36).

▼ **Afb. 36** De ligging van de maag, lever, galblaas, alvleesklier en twaalfvingerige darm (schematisch).

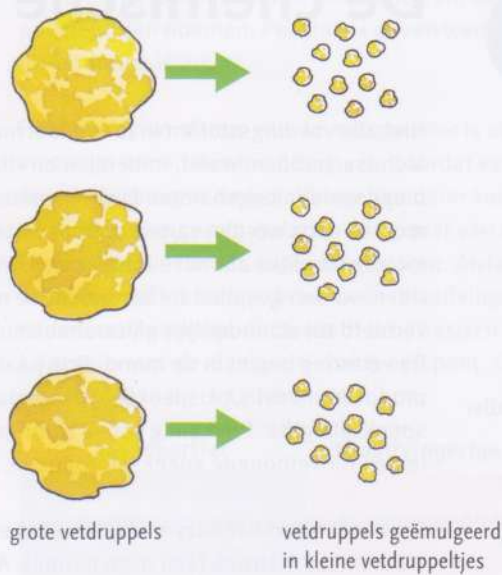


De lever produceert **gal**. Gal wordt tijdelijk opgeslagen in de **galblaas**. Via de galbuis wordt gal naar de twaalfvingerige darm gevoerd, als dat nodig is. Gal bevat **galkleurstoffen** en **galzouten**. De galkleurstoffen zijn afbraakproducten van dode rode bloedcellen. Ze geven de bruine kleur aan de ontlasting.

▼ Afb. 37 Water met vetdruppels.



▼ Afb. 38 Gal emulgeert vetten (schematisch).



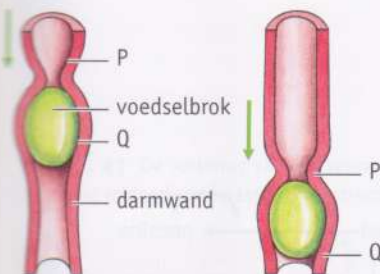
Vetten (en oliën) mengen zich niet met water, maar vormen grote druppels (zie afbeelding 37). De galzouten in gal verdelen grote vetdruppels in het voedsel in kleine druppeltjes. Dit heet **emulgeren** (zie afbeelding 38). Door emulgeren wordt het totale oppervlak van de vetdruppels sterk vergroot.

De **alveeskliaer (pancreas)** produceert **alveessap**. In de wand van de dunne darm bevinden zich kliertjes die darmsap afscheiden. Alveessap en darmsap bevatten verschillende enzymen.

opdracht 14

Beantwoord de volgende vragen.

▼ Afb. 39 Darmperistaltiek (schematisch).



- In afbeelding 39 is de darmperistaltiek schematisch getekend. Welke spieren in de wand van het darmkanaal trekken zich samen op de plaatsen P in deze afbeelding? En welke spieren op de plaatsen Q?
- Door veel plantaardig voedsel te eten, kun je een verstopping (constipatie) voorkomen. Leg dat uit.
- Noem twee functies van het kauwen van voedsel.
- Wat is de functie van de huid? En wat is de functie van het strotklepje?
- Als je in de lach schiet terwijl je aan het drinken bent, kun je je verslikken. Leg uit wat er dan gebeurt.
- Kan er voedsel van je mond in je maag komen als je op je hoofd staat? Leg je antwoord uit.
- De peristaltische beweging in de slokdarm gaat van de keelholte in de richting van de maag.
Kan de peristaltische beweging ook de andere kant op gaan? Leg je antwoord uit.

De peristaltiek in de dunne en dikke darm vindt plaats in een frequentie van tien tot dertig samentrekkingen per minuut. Giftige stoffen in de voedselbrij kunnen echter een veel snellere en krachtiger peristaltiek veroorzaken.

- Hoe kun je deze snellere en krachtiger peristaltiek merken?
- Welk nut heeft dit verschijnsel?
- Wat is het nut van emulgeren voor de vertering van vetten?

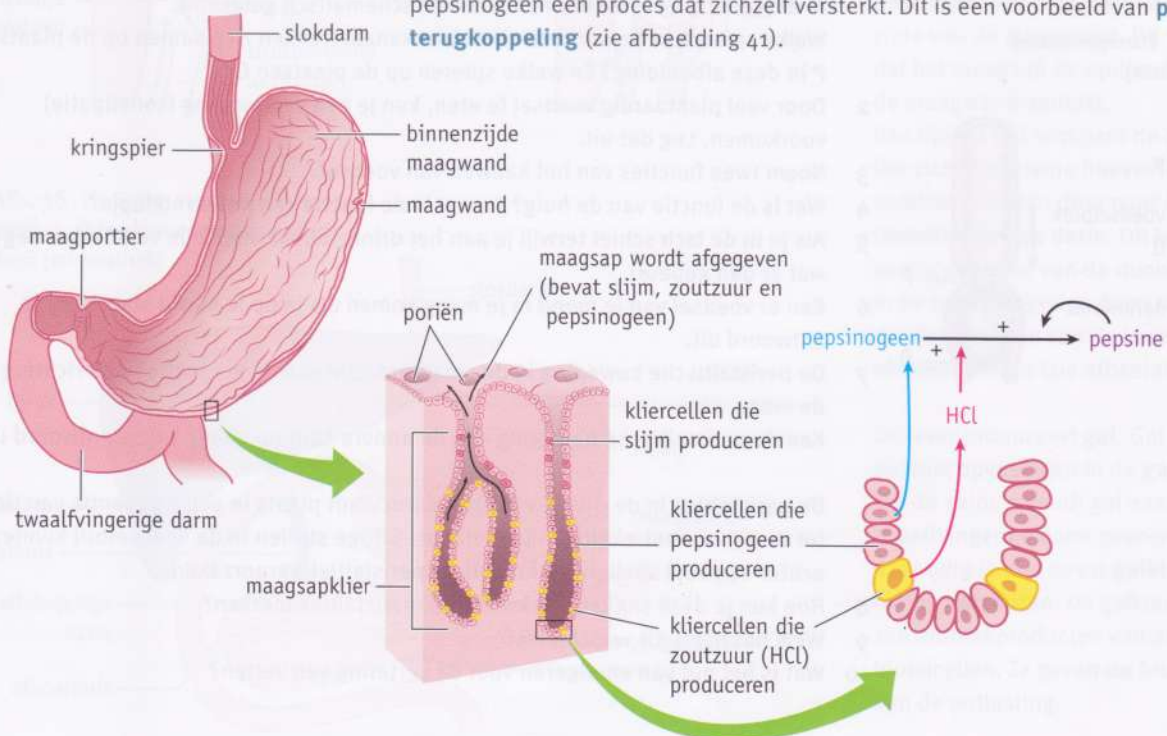
6

De chemische vertering

▼ **Afb. 40** De ligging van de speekselklieren (schematisch).



▼ **Afb. 41** De maag en de productie van maagsap (schematisch).



Niet alle voedingsstoffen in je voedsel hoeven te worden afgebroken.

Monosachariden, water, mineralen en vitaminen kunnen zonder vertering in het bloed worden opgenomen. Eiwitten, disachariden, polysachariden en vetten moeten eerst worden verteerd. Door vertering worden eiwitmoleculen afgebroken tot afzonderlijke aminozuurmoleculen. Moleculen van polysachariden en disachariden worden gesplitst tot afzonderlijke monosachariden. Vetmoleculen worden verteerd tot afzonderlijke glycerolmoleculen en vetzuurmoleculen.

De vertering begint in de mond. Drie paar **speekselklieren** (zie afbeelding 40) produceren 1 tot 1,5 L speeksel per etmaal. Het autonome zenuwstelsel regelt de speekselafgifte. Prikkeling van je zintuigen doordat je voedsel ziet of ruikt, kan leiden tot verhoogde speekselproductie. Je gaat dan 'watertanden'.

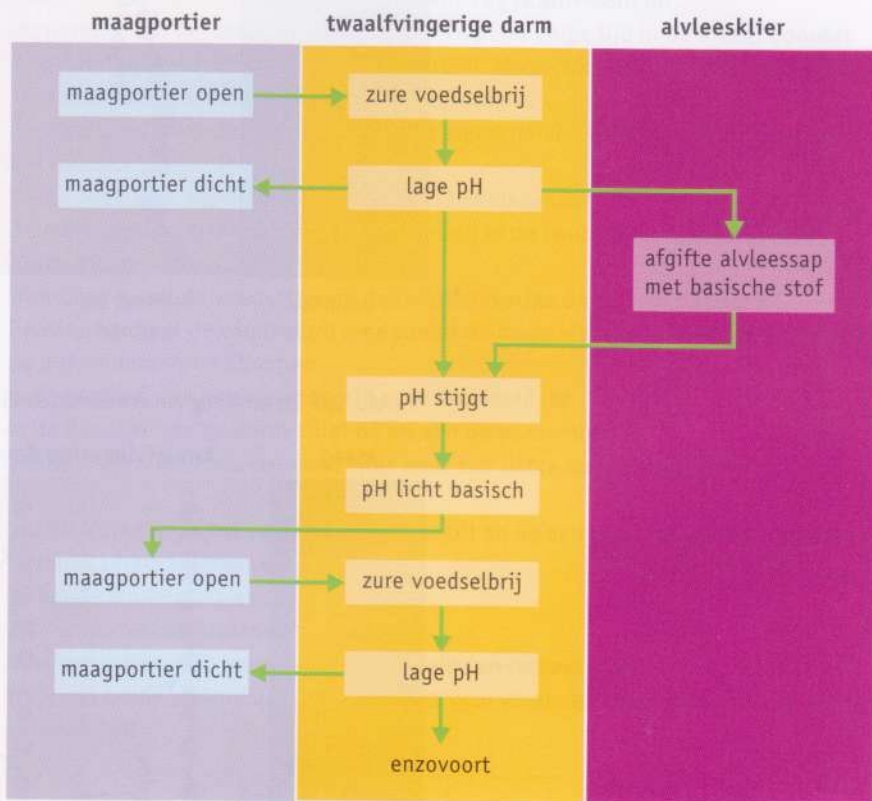
Speeksel bevat het enzym **amylase** dat een deel van het zetmeel in het voedsel afbreekt tot **maltose** (een disacharide). Amylase is werkzaam bij een pH van ongeveer 6 tot ongeveer 7,5. Het pH-optimum is 6,6. Als voedsel in de maag is gekomen, dringt het zure maagsap geleidelijk in de voedselbrij door. Daardoor daalt de pH van de voedselbrij langzaam. Het gevolg hiervan is dat het amylase dat met de voedselbrij mee in de maag is terechtgekomen, na enige tijd onwerkzaam wordt.

Verschillende typen cellen in de maagwand produceren maagsap (zie afbeelding 41). Bepaalde kliercellen produceren zoutzuur (HCl), andere produceren slijm en weer andere cellen **pepsinogeen**. Pepsinogeen is een **inactief pro-enzym**. In de maag aangekomen, wordt pepsinogeen onder invloed van zoutzuur geactiveerd tot **pepsine**. Pepsine activeert zelf ook pepsinogeen. Hierdoor is het activeren van pepsinogeen een proces dat zichzelf versterkt. Dit is een voorbeeld van **positieve terugkoppeling** (zie afbeelding 41).

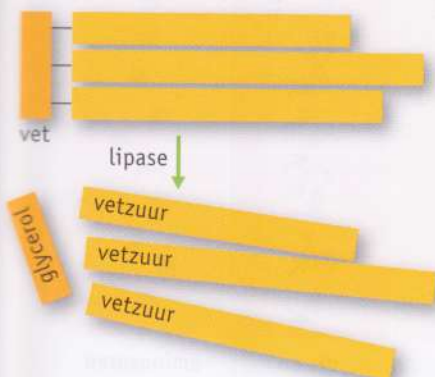
Onder invloed van het enzym pepsine worden eiwitmoleculen gesplitst. De verteringsproducten zijn enkele nog vrij lange aminozuurketens, die we polypeptiden noemen. Pepsine is alleen werkzaam in een sterk zuur milieu. Het pH-optimum is 2,5.

Het openen en sluiten van de maagportier is afhankelijk van de pH in de twaalfvingerige darm (zie afbeelding 42). Doordat een kleine hoeveelheid zure voedselbrij uit de maag in de twaalfvingerige darm komt, wordt de pH in de twaalfvingerige darm laag. Het gevolg is dat de kringspier van de maagportier zich samentrekt. De maagportier wordt daardoor gesloten. Alveessap uit de alveesklier bevat een basische stof waardoor de pH in de twaalfvingerige darm stijgt. De voedselbrij in de twaalfvingerige darm wordt licht basisch (pH 8 à 9). Het gevolg is dat de kringspier van de maagportier zich ontspant. Er komt dan weer een beetje zure voedselbrij in de twaalfvingerige darm.

► Afb. 42 Regelmechanismen onder invloed van de pH in de twaalfvingerige darm.



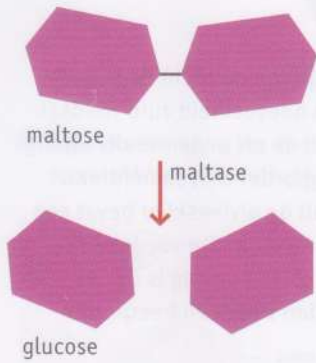
▼ Afb. 43 De vertering van een vetmolecuul onder invloed van lipase (schematisch).



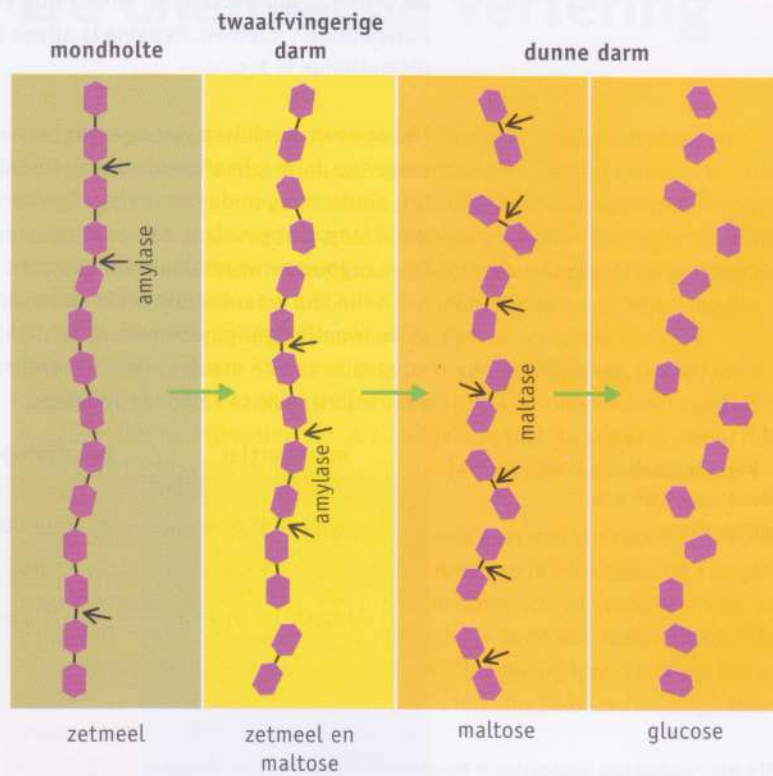
Alveessap bevat onder andere de enzymen amylase, trypsine, peptidasen en lipase. **Amylase** uit de alveesklier zorgt voor verdere afbraak van zetmeel tot maltose. **Trypsine** splitst moleculen van lange polypeptiden tot korte polypeptiden. **Peptidasen** breken deze verteringsproducten verder af tot **dipeptiden** en **tripeptiden** (peptiden met twee of drie aminozuren). **Lipase** splitst vetmoleculen tot elk een glycerolmolecuul en drie vetzuurmoleculen (zie afbeelding 43).

De meeste enzymen in alveessap hebben een pH-optimum van ongeveer 8. De alveesklier geeft alveessap af als de pH in de twaalfvingerige darm laag is, dus als er voedsel vanuit de maag in de twaalfvingerige darm is gekomen (zie afbeelding 42). De galblaas geeft dan gal af. Door de basische stof in alveessap kunnen de enzymen uit de alveesklier in de twaalfvingerige darm werkzaam zijn.

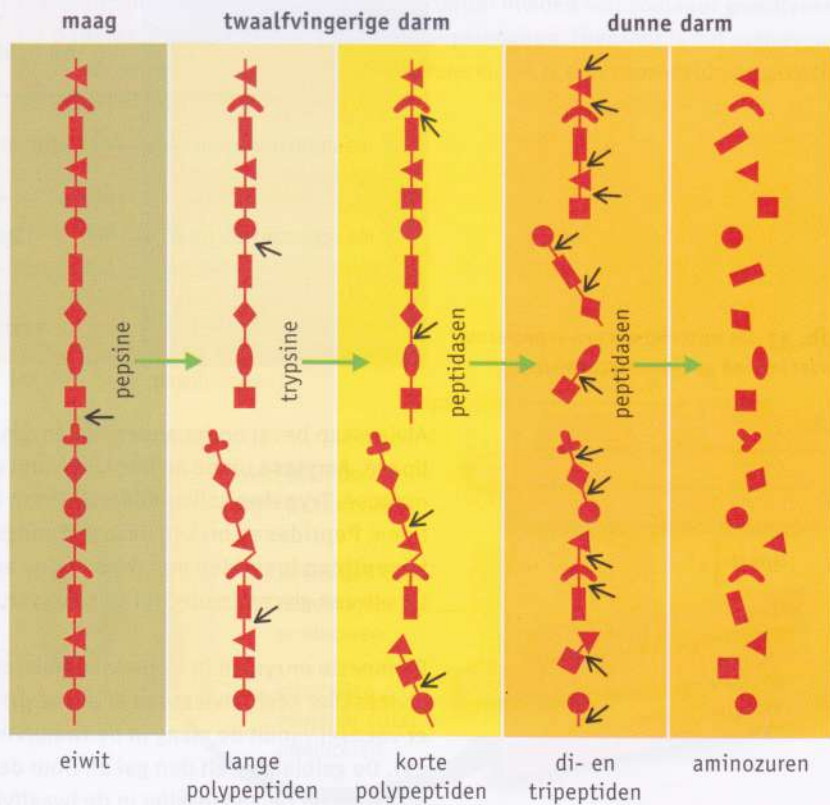
▼ **Afb. 44** De vertering van een maltosemolecuul onder invloed van maltase (schematisch).



▼ **Afb. 45** De vertering van zetmeel (schematisch).



▼ **Afb. 46** De vertering van een eiwit (schematisch).



Door de vertering van vetten komen er steeds meer vetzuren vrij in de twaalfvingerige darm. Hierdoor daalt de pH van de voedselbrij langzaam. Als de voedselbrij in de dunne darm aankomt, is de pH ongeveer 7.

In de dunne darm wordt de vertering van voedingsstoffen voltooid. Darmsap bevat onder andere de enzymen maltase, sacharase, lactase en peptidasen. **Maltase** splitst een maltosemolecuul in twee glucosemoleculen (zie afbeelding 44). Hiermee is de vertering van zetmeel voltooid.

In afbeelding 45 is de vertering van zetmeel schematisch weergegeven. **Sacharase** verteert sacharose (riet- of bietsuiker) en **lactase** verteert lactose (melksuiker).

Peptidasen in het darmsap breken de di- en tripeptiden af tot **aminozuren**.

Hiermee is de vertering van eiwitten voltooid. In afbeelding 46 is de vertering van een eiwit vanaf de maag tot aan de dunne darm schematisch weergegeven.

opdracht 15

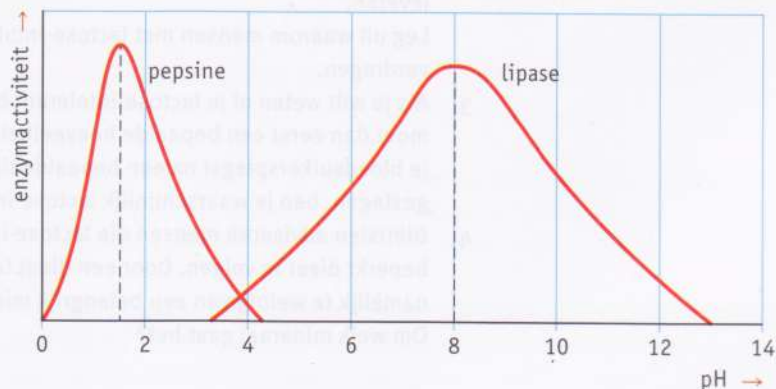
Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Kan in de slokdarm vertering plaatsvinden? Leg je antwoord uit.
- 2 De werking van het amylase uit speeksel stopt na enige tijd in de maag, doordat de pH van de voedselbrij te laag is geworden. Maar ook pepsine zorgt ervoor dat amylase na enige tijd niet meer werkt. Leg dat uit.
- 3 Pepsine wordt niet direct in actieve vorm afgescheiden door kliercellen. Leg uit wat hiervan het nut is.
- 4 Welke twee functies heeft het zoutzuur in het maagsap?
- 5 De maagportier opent zich als de voedselbrij in de twaalfvingerige darm licht basisch is geworden. Waardoor wordt de voedselbrij in de twaalfvingerige darm licht basisch?
- 6 Pepsine kan met de voedselbrij mee vanuit de maag via de twaalfvingerige darm in de dunne darm terechtkomen. Is de pepsine dan nog werkzaam? Leg je antwoord uit.
- 7 In de twaalfvingerige darm stijgt de pH van de voedselbrij. Welke stoffen veroorzaken even later weer een lichte daling van de pH?

In afbeelding 47 is het verband tussen de pH en de activiteit van pepsine en lipase in een diagram weergegeven.

- 8 Wat is de minimum-pH van pepsine?
- 9 Wat is de maximum-pH van lipase?
- 10 Is er een pH waarbij pepsine en lipase beide werkzaam zijn?
- 11 Welk van beide enzymen is het gevoeligst voor veranderingen in de pH? Leg je antwoord uit.

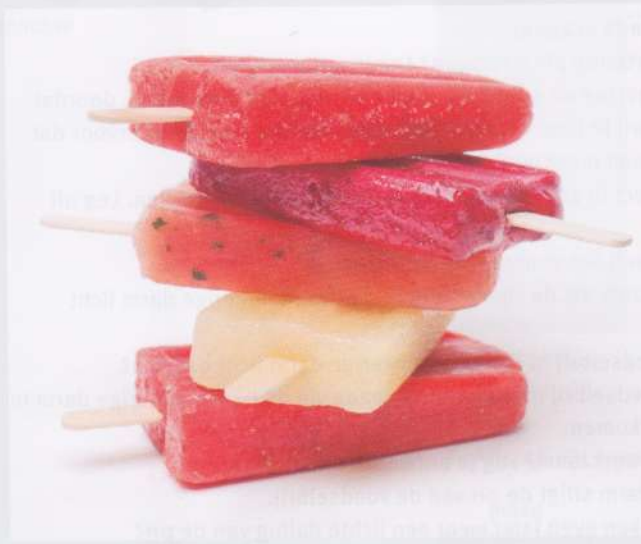
► Afb. 47



LACTOSE-INTOLERANTIE

Op het festival Best Kept Secret kun je niet alleen voedingsmiddelen kopen die fairtrade, vegetarisch, veganistisch of biologisch zijn, maar ook voedingsmiddelen die vrij zijn van gluten en lactose. Bijvoorbeeld biologische fruitijsjes gemaakt van aardbei, of van framboos en hibiscus (tropische bloem), peer en sinaasappel of watermeloen en munt zonder verdere toevoegingen (zie afbeelding 48).

▼ Afb. 48



Voor mensen met lactose- of glutenintolerantie is dit een traktatie, omdat zij voedingsmiddelen met lactose en/of gluten beter niet kunnen eten.

Om lactose (melksuiker) in je voeding te kunnen verteren, is het enzym lactase nodig. Lactose komt voor in melk en zuivelproducten en producten waarin melk, melkpoeder of bepaalde bestanddelen uit melk zijn verwerkt. Dit staat dan vermeld op het etiket.

Elk mens maakt in zijn eerste levensjaren lactase aan in de dunne darm, waardoor lactose in (moeder)melk kan worden verteerd. Bij het grootste deel van de wereldbevolking neemt na het derde levensjaar de productie van lactase geleidelijk af. In Azië produceert bijna de gehele volwassen bevolking heel weinig of zelfs geen lactase in de dunne darm. In de landen rondom de Middellandse Zee is dat het geval bij ongeveer 50% van de bevolking. In West-Europa, Noord-Amerika en Australië blijven mensen over het algemeen voldoende lactase aanmaken.

Als er geen of niet voldoende lactase wordt aangemaakt in de dunne darm, wordt lactose in onze voeding niet goed verteerd. Lactose komt dan in de dikke darm terecht. Hier kunnen bacteriën van de darmflora de lactose afbreken, waardoor klachten kunnen ontstaan als buikpijn, krampen, (ernstige) diarree, winderigheid en een opgeblazen gevoel. We spreken dan van lactose-intolerantie.

opdracht 16

Beantwoord de volgende vragen.

Gebruik hierbij de context 'Lactose-intolerantie'.

- 1 Lactose-intolerantie wordt in West-Europa, Noord-Amerika en Australië als aandoening gezien. Eigenlijk is lactose-intolerantie een natuurlijke toestand. Leg uit waarom dat zo is.
- 2 Zure melkproducten (karnemelk, kwark, yoghurt) bevatten bacteriën die lactase leveren. Leg uit waarom mensen met lactose-intolerantie zure melkproducten vaak beter verdragen.
- 3 Als je wilt weten of je lactose-intolerant bent, kun je dat laten onderzoeken. Je moet dan eerst een bepaalde hoeveelheid lactose innemen. Vervolgens meet men je bloedsuikerspiegel na een bepaalde tijd. Wanneer je bloedsuikerspiegel niet is gestegen, ben je waarschijnlijk lactose-intolerant. Leg dat uit.
- 4 Diëtisten adviseren mensen die lactose-intolerant zijn meestal om een lactose-beperkt dieet te volgen. Door een dieet te volgen zonder melkproducten, kun je namelijk te weinig van een belangrijk mineraal binnenkrijgen. Om welk mineraal gaat het?



opdracht 17

PRACTICUM

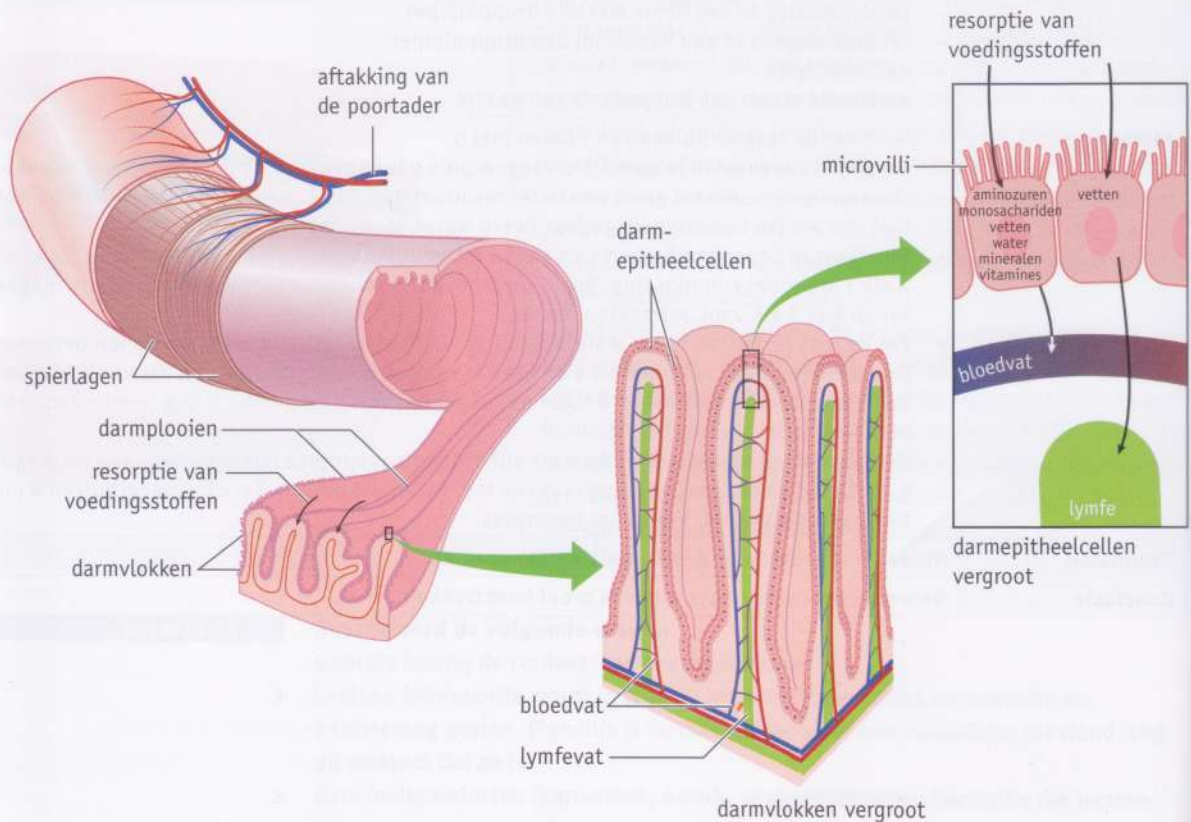
DE WERKING VAN SPEEKSEL

Inleiding	Speeksel bevat amylase dat zetmeel verteert. In dit practicum ga je de werking van speeksel onderzoeken. Je gebruikt daarbij joodoplossing en fehling-reagens als indicatoren. In opdracht 6 van dit thema heb je geleerd welke stoffen je kunt aantonen met deze indicatoren.
Materiaal	<ul style="list-style-type: none"> - 9 reageerbuizen en een reageerbuisrek - etiketten - een pipet van 2 mL - een bekersglas met gedestilleerd water - zetmeeloplossing van 2% - een waterbad - joodoplossing in een flesje met een druppelpipet - fehling-reagens in een flesje met een druppelpipet - een bekersglas - een brander met een driepoot en een gaasje
Methode	<ul style="list-style-type: none"> - Nummer de reageerbuizen van 1 tot en met 9. - Verzamel speeksel in je mond. Vul reageerbuis 9 tot ongeveer 1,5 cm hoogte met speeksel. (Dun, waterig speeksel geeft een beter resultaat dan dik, slijmerig speeksel.) Verdun het speeksel met een gelijke hoeveelheid gedestilleerd water. Meng goed. - Pipetteer in de reageerbuizen 1 en 2 elk 1 mL gedestilleerd water. Pipetteer in de reageerbuizen 3 en 4 elk 1 mL speekseloplossing. Spoel de pipet goed schoon. Pipetteer daarna in de reageerbuizen 5 tot en met 8 elk 2 mL zetmeeloplossing. - Zet de reageerbuizen in het waterbad bij 37 °C. Laat de buizen 5 minuten op temperatuur komen. - Doe de inhoud van reageerbuis 1 bij die van reageerbuis 5, die van 2 bij die van 6, die van 3 bij die van 7 en die van 4 bij die van 8. Laat de reageerbuizen 5 tot en met 8 nog 10 minuten in het waterbad staan bij 37 °C. - Voeg aan de reageerbuizen 5 en 7 elk vijf druppels joodoplossing toe. Voeg aan de reageerbuizen 6 en 8 elk tien druppels fehling-reagens toe. Schud de buizen. Zet de reageerbuizen 6 en 8 in een bekersglas met water. Verhit het bekersglas.
Resultaten	Noteer je resultaten op een overzichtelijke manier.
Conclusie	Noteer welke conclusie je uit deze proef kunt trekken.

7 Resorptie

De dunne darm van een volwassen persoon is ongeveer 6 m lang. De wand is sterk geplooid (zie afbeelding 49). Op de **darmplooiën** bevinden zich uitstulpingen die we **darmvlokken** noemen. De buitenste laag cellen van de darmvlokken is het **darmepitheel** (darmdekweefsel). De cellen van het darmepitheel hebben een groot aantal microscopisch kleine uitstulpingen, de **microvilli** (zie afbeelding 49). Door de darmplooiën, darmvlokken en de microvilli is het oppervlak voor de opname van stoffen zeer groot.

▼ Afb. 49 De bouw van de dunne darm.

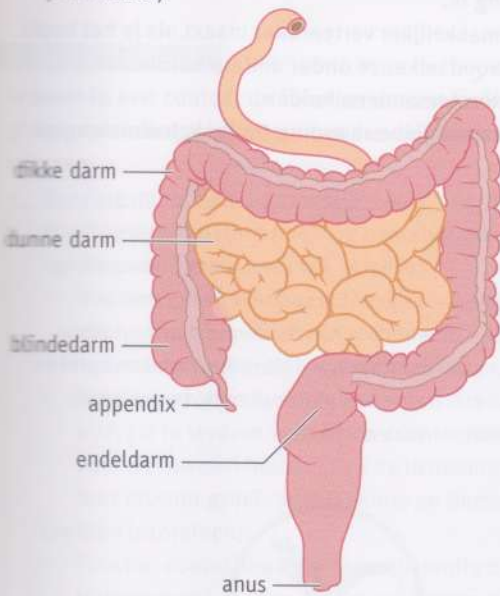


De cellen van het darmepitheel nemen water, voedingsstoffen en verteringsproducten op. In thema 2 Cellen van deel 4 is behandeld op welke manieren stoffentransport via celmembranen kan plaatsvinden. Cellen van het darmepitheel nemen vaak stoffen op tegen het concentratieverval in. De concentratie van deze stoffen in de cellen is dan hoger dan hun concentratie in de darmholte. Het darmepitheel neemt deze op door **actief transport**. Er vindt ook selectie van stoffen plaats. Het darmepitheel neemt van sommige stoffen veel moleculen op en van andere weinig.

De opname van stoffen uit de darmwand noem je **resorptie** (Latijn: resorbere = opzuigen). Voor resorptie is energie nodig. In de cellen van het darmepitheel vindt daardoor een intensieve dissimilatie plaats.

Opname van voedingsstoffen vindt ook in andere delen van het verteringsstelsel plaats. De opname van alcohol begint bijvoorbeeld al in de mond en in de maag. De resorptie van de meeste voedingsstoffen vindt plaats in de dunne darm.

▼ **Afb. 50** De ligging van dunne darm, blindedarm met appendix, dikke darm en endeldarm met anus (schematisch).



▼ **Afb. 51** Zetpillen.



In de darmvlokken bevinden zich bloedvaten en lymfevaten (zie afbeelding 49). De monosachariden en aminozuren worden opgenomen in het bloed. Ook de mineralen, vitaminen en het grootste deel van het water komen in het bloed. Uit het opgenomen glycerol en de opgenomen vetzuren worden in de cellen van het darmepitheel weer vetten gevormd. Deze vetten komen voor een groot deel in de lymfe in de lymfevaten. Een klein deel wordt in het bloed opgenomen.

De haarvaten van een groot deel van het darmkanaal (van de maag tot aan de dikke darm) verenigen zich tot één afvoerend bloedvat: de **poortader**. Hierdoor stroomt bloed naar de lever.

De onverteerde voedselresten komen terecht in de **dikke darm**. Vlak onder de overgang van dunne darm naar dikke darm ligt de **blindedarm** (zie afbeelding 50). Aan de onderkant van de blindedarm zit een uitstulping, de **appendix** (het **wormvormig aanhangsel**). Bij 'blindedarmontsteking' is niet de blindedarm maar de appendix ontstoken. Deze wordt dan operatief verwijderd. De blindedarm blijft zitten.

De dikke darm is ongeveer 1,5 m lang. In de dikke darm wordt veel van het nog resterende water uit de brij van onverteerde voedselresten geresorbeerd. Dat is nodig omdat je anders te veel vocht verliest en uitdroogt. Ook mineralen worden in de dikke darm geresorbeerd. In de dikke darm leven veel **darmbacteriën** (de **darmflora**). Darmbacteriën kunnen zorgen voor de vertering van stoffen die niet door enzymen uit het verteringsstelsel van de mens worden verteerd. Sommige soorten bacteriën produceren onder andere een enzym voor de vertering van cellulose in de celwanden van plantaardige voedselresten. Bij de vertering van cellulose ontstaat onder andere glucose. Andere soorten darmbacteriën produceren stoffen die belangrijk zijn voor de mens, zoals vitaminen. Een voorbeeld daarvan is vitamine K. Glucose en vitamine K worden in de dikke darm geresorbeerd.

De onverteerde voedselresten worden in de endeldarm verzameld. Ook in de endeldarm vindt nog resorptie van stoffen plaats. Hiervan maakt men gebruik bij het toedienen van medicijnen in zetpillen (zie afbeelding 51). Het bloed uit de haarvaten van de endeldarm komt niet in de poortader terecht. Dit bloed stroomt dus niet rechtstreeks naar de lever.

De endeldarm wordt afgesloten door een kringspier, de **anus**. De **ontlasting (feces)** bestaat uit onverteerde voedselresten, water en zeer veel bacteriën.

opdracht 18

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Via dood darmepitheel vindt geen resorptie plaats. Wat kun je hieruit concluderen?
- 2 Welke cellen bevatten de meeste mitochondriën: epitheelcellen van de slokdarm of epitheelcellen van de dunne darm? Leg je antwoord uit.
- 3 Welke stoffen worden in de dunne darm opgenomen in het bloed? En welke in de lymfe?
- 4 Opname van alcohol vindt plaats in een groot deel van het darmkanaal. Door welke oorzaak is de opname in de dunne darm het grootst?
- 5 Wat is er aan de hand bij iemand die diarree heeft?
- 6 Sterke, aanhoudende diarree kan levensbedreigend zijn. Leg dat uit.

- 7 Bij het toedienen van sommige medicijnen in pillen is het belangrijk dat deze medicijnen niet direct in de lever terechtkomen. Leg uit dat toediening in de vorm van zetpillen dan een goede oplossing is.
- 8 Leg uit dat je plantaardig voedsel gemakkelijker verteerbaar maakt als je het kookt.
- 9 Bij zoogdieren zijn op grond van de voedselkeuze onder andere herbivoren (planteneters) en carnivoren (vleeseters) te onderscheiden. Bij welke groep dieren zal het darmkanaal (in verhouding tot de lichaamslengte) het kortst zijn? Leg je antwoord uit.

▼ Afb. 52

Glutenintolerantie (coeliakie)

Gluten zijn eiwitten die van nature voorkomen in veel soorten granen zoals tarwe, rogge, gerst en spelt. Gluten komen dus ook voor in de voedingsmiddelen die van deze granen zijn gemaakt bijvoorbeeld in brood, crackers, pizza, pasta, paneermeel en koek. Gluten komen bovendien verborgen voor in bepaalde voedingsmiddelen. Dat betekent dat je niet verwacht dat deze voedingsmiddelen gluten bevatten. Voorbeelden hiervan zijn soep, snoep en ijs. Voedsel met gluten zorgt bij mensen

met coeliakie (glutenintolerantie) voor ontstekingen van de wand van de dunne darm waardoor de darm zijn werk niet goed kan doen. Een gezonde dunne darm heeft aan de binnenkant darmpluizen en darmvlokken. Bij iemand met coeliakie gaan de darmvlokken kapot door de ontstekingen.

De ziekteverschijnselen lopen bij coeliakie behoorlijk uiteen. Je kunt bijvoorbeeld last hebben van diarree, verstopping, een opgezette buik, gewichtsverlies, overgewicht, depressie, bloedarmoede en botontkalking.

Door een glutenvrij dieet (zie het logo) kan de dunne darm herstellen van

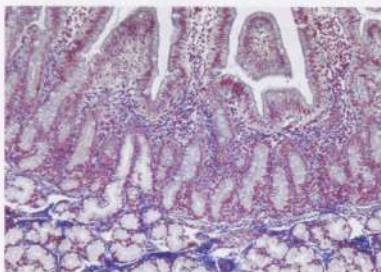
coeliakie. Dit dieet moet je levenslang volgen. Elk spoortje van gluten in voeding kan de dunne darm opnieuw beschadigen. Wanneer mensen spreken over een glutenallergie, bedoelen ze vaak coeliakie.



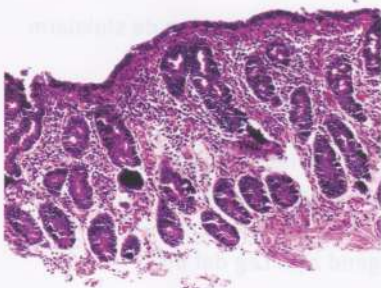
met dit logo worden glutenvrije producten aangegeven

opdracht 19

▼ Afb. 53



stukje darmwand van een gezonde persoon



stukje darmwand van een coeliakiepatiënt

Afbeelding 52 gaat over glutenintolerantie. Beantwoord de volgende vragen over afbeelding 52.

- 1 Om te onderzoeken of er bij mensen met ernstige darmklachten sprake is van glutenintolerantie, wordt met behulp van een endoscoop een stukje dunne darm verwijderd en microscopisch onderzocht. In afbeelding 53 is een stukje dunne darm van een gezonde persoon en van een coeliakiepatiënt weergegeven. Behoren alle cellen in de afbeelding tot één weefseltype of tot meerdere weefseltypen? Leg je antwoord uit.
- 2 Wat is het verschil tussen het oppervlak van de dunne darm van een coeliakiepatiënt en dat van een gezonde persoon?
- 3 Wat heeft dit voor gevolgen voor de gezondheid van de patiënt? Leg je antwoord uit.

Je hebt nu de basisstof van dit thema doorgewerkt.

- Controleer met het antwoordenboek of je de basisstofopdrachten goed hebt uitgevoerd.
- Je kunt nu verdergaan met de diagnostische toets. Je kunt de samenvatting gebruiken om je hierop voor te bereiden.

Samenvatting

DOELSTELLING 1

Je moet in een context de functies en kenmerken van zes groepen voedingsstoffen en van voedingsvezel kunnen noemen.

- Voedingsmiddelen: alles wat je eet of drinkt.
- Voedingsstoffen: de bruikbare bestanddelen van voedingsmiddelen.
 - Voedingsstoffen kunnen dienen als bouwstoffen voor groei en ontwikkeling, voor vervanging van cellen en voor herstel van verwondingen.
 - Voedingsstoffen kunnen dienen als brandstoffen om energie te leveren voor het verrichten van arbeid, voor het op peil houden van de lichaamstemperatuur en voor groei, ontwikkeling en herstel.
- Eiwitten (proteïnen):
 - Functie: vooral bouwstoffen; zijn nodig bij het transport van stoffen, het overbrengen van signalen van de ene cel naar de andere (celcommunicatie) en bij chemische reacties.
 - Een teveel aan opgenomen eiwitten wordt niet opgeslagen; de aminozuren worden als brandstof verbruikt.
 - Essentiële aminozuren: moeten in het voedsel aanwezig zijn, omdat ze niet of in onvoldoende hoeveelheden in het lichaam van de mens kunnen worden gevormd.
- Koolhydraten:
 - Functie: vooral brandstoffen, ook bouwstoffen (o.a. in DNA en in celmembranen).
 - Een teveel aan opgenomen koolhydraten wordt omgezet in glycogeen of vet en opgeslagen.
- Voedingsvezel: stoffen afkomstig van plantaardige voedingsmiddelen die niet door enzymen van de mens kunnen worden verteerd.
 - Functie: de darmwerking bevorderen.
- Vetten (lipiden):
 - Functie: vooral brandstoffen, ook bouwstoffen (fosfolipiden in membranen).
 - Een teveel aan opgenomen vetten wordt opgeslagen onder de huid en rondom organen.
 - Verzadigde vetzuren (vooral in dierlijke vetten) verhogen het risico op afzetting van cholesterol tegen de binnenwand van de bloedvaten.
 - Onverzadigde vetzuren (vooral in plantaardige vetten) zorgen voor een daling van het cholesterol.
 - Essentiële vetzuren: moeten in het voedsel aanwezig zijn.

- Water:
 - Functie: bouwstof (in lichaamscellen).
 - Dient ook als oplosmiddel en transportmiddel en bepaalt samen met de opgeloste stoffen de osmotische waarde van vloeistoffen in het lichaam.
 - Organismen bestaan voor het grootste deel uit water.
- Mineralen (zouten):
 - Functie: bouwstoffen (bijvoorbeeld calcium in de tussencelstof van beenweefsel).
 - Sporelementen: mineralen die in geringe hoeveelheden in het voedsel aanwezig zijn (sporelementen zijn vaak bestanddeel van enzymen of hormonen).
- Vitaminen:
 - Functie: bouwstoffen (o.a. als bestanddeel van enzymen).
 - Bij een tekort aan vitamines in het voedsel ontstaan gebreksziekten. Een teveel kan ook schadelijk zijn.
 - Vitamines (behalve vitamine K) kunnen niet in het lichaam worden gevormd en moeten dus in het voedsel aanwezig zijn. Sommige vitamines kunnen in het lichaam worden gevormd uit provitamines (die in het voedsel aanwezig moeten zijn).

DOELSTELLING 2

Je moet met behulp van informatie in een context kunnen bepalen wat gezonde voeding is. Ook moet je in een context kunnen aangeven wat de gezondheidsrisico's zijn van verkeerde voeding.

- Voor adviezen over gezonde voeding kun je bijvoorbeeld de informatie van de Schijf van Vijf gebruiken of een analyse van de samenstelling van voedingsmiddelen.
- Zorg voor voldoende variatie.
- Eet niet meer dan je lichaam nodig heeft.
 - De energiebehoefte van een mens is o.a. afhankelijk van het geslacht, de leeftijd, de milieutemperatuur, het lichaamsgewicht en de lichamelijke inspanning.
 - Als je te veel eet, kun je dikker en zwaarder worden.
 - Mensen met veel buikvet hebben een verhoogde kans op hart- en vaatziekten, diabetes en kanker.
 - Door met je voedsel minder energie binnen te krijgen dan je verbruikt, val je af (bijvoorbeeld door producten te kiezen met een gezondere samenstelling, tussendoortjes te laten staan en meer te bewegen).
 - Met de Body Mass Index (BMI) of een huidplooiemeting kun je bepalen of je een gezond gewicht hebt.

DOELSTELLING 3

Je moet in een context factoren kunnen noemen die van invloed zijn op de kwaliteit van het voedsel.

- Conserveringsmethoden en hun werking:
 - Invriezen, koelen: bij lage temperaturen zijn de enzymen van micro-organismen tijdelijk inactief.
 - Pasteuriseren, steriliseren: bij hoge temperaturen zijn de enzymen van micro-organismen definitief onwerkzaam (gedenatureerd).
 - Inblikken, vacuüm verpakken: het voedsel wordt luchtdicht verpakt, zodat er geen micro-organismen op kunnen komen.
 - Gasverpakken: verpakken in een speciale verpakking met één enkel gas of met een combinatie van gassen.
 - Conserveermiddel toevoegen: met bijvoorbeeld suiker, zout of zuur de leefomstandigheden voor micro-organismen ongeschikt maken.
- Additieven worden aan voedingsmiddelen toegevoegd om bepaalde eigenschappen te verbeteren.
 - E-nummer: nummer dat additieven krijgen in de Europese Unie als uit onderzoek is gebleken dat ze geen gezondheidsrisico's opleveren.
 - Aanvaardbare dagelijkse inname (ADI): dagelijkse hoeveelheid die je van additieven binnen mag krijgen zonder dat je gezondheid gevaar loopt.
- Bacteriën en schimmels (micro-organismen) kunnen voedselbederf veroorzaken.
 - Bij een voedselvergiftiging wordt iemand ziek door giftige stoffen die zijn gemaakt door bacteriën en schimmels in het voedsel.
 - Bij een voedselinfectie wordt iemand ziek doordat voedsel met een ziekmakende hoeveelheid micro-organismen in de darm terechtkomt en deze prikkelt of aantast.
 - Een goede hygiëne voorkomt voedselinfectie en voedselvergiftiging.

DOELSTELLING 4

Je moet van de organen van het verteringsstelsel van de mens in een context de functies en kenmerken kunnen noemen.

- Vertering: in het darmkanaal (verteringskanaal).
 - Mechanische vertering: kauwen en kneden.
 - Chemische vertering: enzymen in verteringssappen breken voedingsstoffen af tot moleculen die cellen in de darmwand kunnen opnemen.
- Mondholte:
 - Speekselklieren: produceren speeksel.
 - Gebit: voedsel afbijten en verkleinen.

- Keelholte:
 - Slikreflex: de huid sluit de neusholte af en het strotklepje sluit de luchtpijp af.
- Slokdarm:
 - Verbindt de keelholte met de maag.
- Maag:
 - Functie: tijdelijke opslagplaats van voedsel.
 - Kringspieren bij de ingang en de uitgang (maagportier) kunnen de maag afsluiten.
 - Maagsapklieren produceren maagsap.
 - Zoutzuur (HCl) in maagsap zorgt voor een sterk zuur milieu waardoor bacteriën in het voedsel worden gedood.
 - Slijm in maagsap beschermt de maagwand tegen het maagsap.
- Lever:
 - Functie voor de spijsvertering: produceert gal.
 - Gal wordt tijdelijk opgeslagen in de galblaas en afgevoerd via de galbuis.
 - Gal: bevat galkleurstoffen en galzouten.
- Alvleesklier (pancreas):
 - Functie: produceert alveessap.
- Twaalfvingerige darm (eerste deel van de dunne darm):
 - Functie: vermengt gal en alveessap met de voedselbrij.
- Dunne darm:
 - Darmsapklieren produceren darmsap.

DOELSTELLING 5

Je moet met behulp van informatie in een context functies en kenmerken van verteringssappen bij de chemische vertering kunnen noemen.

- Speeksel: bevat slijm en amylase.
 - Slijm: maakt het voedsel glad, waardoor het inslikken gemakkelijker gaat.
 - Amylase: verteert zetmeel tot maltose.
 - De speekselproductie wordt geregeld door het autonome zenuwstelsel.
- Maagsap: bevat zoutzuur, slijm en pepsinogeen (een inactief pro-enzym).
 - Zoutzuur (HCl) activeert pepsinogeen in maagsap tot pepsine.
 - Pepsine activeert pepsinogeen tot pepsine (positieve terugkoppeling).
 - Pepsine verteert eiwitten tot lange polypeptiden (vrij lange aminozuurketens).
 - Bij een lage pH in de twaalfvingerige darm is de maagportier samengetrokken.
 - Bij een licht basische pH in de twaalfvingerige darm is de maagportier ontspannen.

- **Gal:** emulgeert vetten, waardoor het oppervlak van de vetdruppels wordt vergroot.
 - De galblaas geeft gal af als de pH in de twaalfvingerige darm laag is.
- **Alvleessap:** de alvleesklier geeft alvleessap af als de pH in de twaalfvingerige darm laag is.
 - Bevat enzymen en is basisch waardoor de pH in de twaalfvingerige darm stijgt (pH 8 à 9).
- **Darmsap:** bevat enzymen die de vertering van eiwitten en koolhydraten voltooien.

DOELSTELLING 6

Je moet in een context de resorptie van voedingsstoffen in het darmkanaal kunnen beschrijven.

- **Dunne darm:**
 - Darmwand: groot oppervlak door darmplooiën, darmvlokken en microvilli (uitstulpingen van darmepitheelcellen).
 - Darmepitheel: de buitenste laag cellen van de darmvlokken. Functie: resorptie van water, voedingsstoffen en verteringsproducten.
- **Blindedarm met appendix (wormvormig aanhangsel):** rudimentair orgaan.
 - Bij blindedarmonsteking is de appendix ontstoken.
- **Dikke darm:**
 - Functie: resorptie van water, mineralen, glucose en vitamine K.
 - Bij diarree wordt niet voldoende water uit de brij van onverteerde voedselresten geresorbeerd.
 - Darmbacteriën (darmflora): sommige soorten darmbacteriën produceren enzymen die cellulose in de celwanden van plantaardige voedselresten verteren. Hierbij ontstaat glucose. Andere soorten darmbacteriën produceren stoffen die belangrijk zijn voor de mens, zoals vitamine K.
- **Endeldarm met anus:**
 - Functie: verzamelen en tijdelijk opslaan van onverteerde voedselresten (ontlasting of feces).
 - Anus: kringspier die de endeldarm afsluit.
- **Resorptie:** het opnemen van stoffen door darmepitheelcellen.
 - Resorptie kan plaatsvinden in het hele darmkanaal.
 - In de dunne darm vindt door het grote oppervlak de meeste resorptie plaats.
- **Resorptie vindt plaats door actief transport.** Dat blijkt o.a. hieruit:
 - Er worden stoffen geresorbeerd tegen het concentratieverval in.
 - Stoffen worden selectief geresorbeerd.
 - Bij resorptie vindt in de darmepitheelcellen een intensieve dissimilatie plaats.

- In de darmepitheelcellen worden vetten gevormd uit glycerol en vetzuren.
- Hierna vindt opname plaats in bloed of lymfe.
 - Amino-zuren, monosachariden (o.a. glucose), vetten, mineralen en vitaminen worden opgenomen in het bloed.
 - De meeste vetten worden opgenomen in de lymfe.
 - Het bloed uit de haarvaten van een groot deel van het darmkanaal (van de maag tot aan de dikke darm) stroomt door de poortader naar de lever.

COMPETENTIES/VAARDIGHEDEN

Je hebt in een of meer contexten:

- geleerd informatie te selecteren, te beoordelen en te interpreteren;
- geleerd instructies voor onderzoek op basis van vraagstellingen uit te voeren en conclusies te trekken uit de onderzoeksresultaten;
- geoefend in het aantonen van voedingsstoffen.

Over de volgende competenties/vaardigheden zijn geen vragen opgenomen in de diagnostische toets.

Je hebt in een of meerdere contexten:

- inzicht gekregen in de adviezen voor goede voeding en onderzocht of je daaraan voldoet;
- inzicht gekregen in de normen voor een gezond gewicht en een methode gebruikt om te onderzoeken of je daaraan voldoet;
- inzicht gekregen in een hygiënische voedselbereiding om voedselvergiftiging en voedselinfectie te voorkomen.

Diagnostische toets

DOELSTELLING 1

Beantwoord de volgende vragen.

Gebruik bij de vragen 1 tot en met 4 afbeelding 54.

- 1 Is witlof een voedingsmiddel?
- 2 Welke voedingsstof ontbreekt in de tabel?
- 3 Welke voedingsstof komt het meest in witlof voor? Leg je antwoord uit.
- 4 Levert witlof voedingsvezel? Leg je antwoord uit.

▼ Afb. 54

Witlof, een populaire wintergroente

Vroeger was witlof een echte wintergroente, die vanaf oktober werd geoogst. Nu is witlof, dankzij moderne teelttechnieken, het hele jaar door verkrijgbaar. Witlof is gezond (zie de tabel). In de zomer eten we witlof als salade, terwijl in de winter vaak de klassieker op tafel komt: witlof met ham en kaas uit de oven.

Voedingswaarde van verse witlof (per 100 g)

Energetische waarde	71 kJ
Koolhydraten	3 g
Eiwitten	1 g
Vetten	0,1 g
Vitamine C	5 mg
Vitamine B1	0,04 mg
Vitamine B2	0,03 mg
Calcium	20 mg
Ijzer	0,5 mg
Natrium	5 mg



De biologische waarde van voedingsmiddelen geeft aan in welke mate de eiwitten voor de mens als bouwstoffen bruikbaar zijn. Tabel 5 geeft een overzicht van de hoeveelheid eiwit en de biologische waarde van het eiwit in koemelk en in sojabonen. De biologische waarde is gerelateerd aan de voor een mens ideale combinatie van eiwitten in moedermelk. De biologische waarde van moedermelk is op 100 gesteld.

▼ Tabel 5

Voedingsmiddel	Hoeveelheid eiwit per 100 g	Biologische waarde van de eiwitten
Koemelk	3 g	60
Sojabonen	40 g	47

- 5 Leg uit waardoor de biologische waarde van de eiwitten van koemelk hoger is dan die van sojabonen.
- 6 Sommige mensen met overgewicht besluiten af te vallen door geen vetten meer te eten. Is dit schadelijk voor de gezondheid? Leg je antwoord uit.
- 7 Diarree kan voor zeer jonge baby's zeer levensbedreigend zijn. Terwijl de ouders denken dat de baby slaapt, kan het kind bewusteloos raken en zelfs sterven. Leg uit dat het optreden van diarree bewusteloosheid kan veroorzaken.
- 8 Welke voedingsstoffen kunnen worden gebruikt als bestanddeel van enzymen?
- 9 In welk orgaan kunnen overtollige aminozuren worden afgebroken en omgezet in andere aminozuren?
- 10 In Nederland wordt vitamine D toegevoegd aan halvarine, margarine en bak- en braadproducten. Daarnaast zit vitamine D in vette vis en een klein beetje in dierlijke voedingsmiddelen (vlees en zuivelproducten). Ongeveer 70% van alle ouderen boven de 70 jaar blijkt een vitamine D-tekort te hebben. Wat is hiervan de oorzaak?

DOELSTELLING 2

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 15% van de jongeren in Nederland heeft overgewicht. De oorzaak van overgewicht is een verkeerde balans tussen de energie-inname en de energiebesteding. Leg dat uit.

De vragen 2 tot en met 7 gaan over afbeelding 55. Gebruik bij de vragen 3 en 4 ook afbeelding 20.

- 2 Hoeveel energie levert een pizza van 350 g?
- 3 Hoe lang duurt het voordat je deze energie slapend hebt verbruikt?
- 4 Hoe lang moet je wielrennen om deze energie te verbruiken?

Voor de dagelijkse inname van voedingsstoffen zijn richtlijnen vastgelegd door de Gezondheidsraad: de ADH (aanbevolen dagelijkse hoeveelheid). Deze maat geeft aan hoeveel gezonde mensen nodig hebben van een bepaalde voedingsstof.

Voor natrium geldt een ADH van 1,5 g als je tussen de 9 en 50 jaar oud bent. Natrium wordt vooral geleverd door keukenzout (NaCl) dat opgelost in water uit elkaar valt in Na⁺-ionen en Cl⁻-ionen. 1 g keukenzout levert 0,4 g natrium. Natrium zorgt samen met andere mineralen voor een goede vochtbalans van je lichaam, regelt je bloeddruk en regelt de impulsoverdracht in spier- en zenuwcellen.

- 5 Bereken hoeveel milligram natrium een pizza van 350 g levert.
- 6 Hoeveel gram keukenzout is daarvoor toegevoegd aan de pizza?
- 7 Bereken welk percentage van de ADH voor natrium een persoon binnenkrijgt als hij 350 g pizza eet.
- 8 Volgens het Voedingscentrum is het beter dat mannen niet meer dan 28 g verzadigd vet per dag binnenkrijgen en vrouwen niet meer dan 22 g. Hoeveel gram verzadigd vet levert een pizza van 350 g? Is daarmee de maximale aanbevolen hoeveelheid verzadigd vet bij mannen overschreden? En bij vrouwen?
- 9 Aan welke adviezen voor een goede voeding voldoe je niet als je alleen een pizza als avondmaaltijd eet?

▼ Afb. 55



Voedingswaarde (per 100 g)	
energie	852 kJ / 203 kcal
eiwit	9,0 g
koolhydraten	25,7 g
waarvan suikers	4,0 g
vet	6,8 g
waarvan verzadigd	3,0 g
vezels	2,0 g
natrium	550,0 mg

▼ Afb. 56 Een theelepel zout (3 g).



DOELSTELLING 3

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

De volgende gegevens behoren bij de vragen 1 en 2.

Yoghurt wordt bereid door aan melk onder andere melkzuurbacteriën toe te voegen. Iemand veronderstelt dat het maken van yoghurt een manier is om een melkproduct langer houdbaar te maken. Om deze hypothese te toetsen, wordt een experiment gedaan. Een fles melk en een fles yoghurt worden beide geopend in de koelkast bewaard. Vanuit de lucht kunnen micro-organismen in beide flessen komen. Na een week wordt de smaak van beide flessen getest. De melk is zuur geworden. De yoghurt is nauwelijks van smaak veranderd en niet bedorven.

- 1 Waardoor kunnen de meeste micro-organismen die in de lucht voorkomen wel groeien in verse melk en niet in yoghurt?
 - A Doordat de pH van yoghurt niet kan veranderen.
 - B Doordat de pH van yoghurt voor de groei te hoog is.
 - C Doordat de pH van yoghurt voor de groei te laag is.
- 2 Neemt de hoeveelheid energierijke stoffen in de melk in de loop van het experiment af, blijft deze gelijk of neemt deze toe?
 - A Deze neemt af.
 - B Deze blijft gelijk.
 - C Deze neemt toe.

De volgende gegevens behoren bij de vragen 3 en 4.
Dieke heeft zelf aardbeienjam gemaakt. Na een paar maanden opent zij een pot jam. Bij het openen van de pot komt er wat gas vrij. De jam ruikt naar alcohol.

- 3 Welke omzetting heeft in de pot jam plaatsgevonden?
- A Aerobe dissimilatie van glucose waarbij alcohol en CO₂ zijn ontstaan.
 - B Anaerobe dissimilatie van glucose waarbij alcohol en CO₂ zijn ontstaan.
 - C Anaerobe dissimilatie van glucose waarbij alcohol en O₂ zijn ontstaan.
- 4 Volgens Teun is de ongewenste omzetting in de jam te voorkomen door:
- 1 de aardbeien beter te verhitten;
 - 2 de aardbeien voor de bewerking te wassen;
 - 3 meer suiker toe te voegen.
- Welke mogelijkheid kan of welke mogelijkheden kunnen de ongewenste omzetting in de jam eventueel voorkomen?
- A Alleen mogelijkheid 3.
 - B Alleen de mogelijkheden 1 en 2.
 - C Alleen de mogelijkheden 2 en 3.
 - D De mogelijkheden 1, 2 en 3.
- 5 Op de verpakking van een voedingsmiddel staat: verpakt onder beschermende atmosfeer. Welke conserveermethode is gebruikt om het voedingsmiddel langer houdbaar te maken?
- A Inblikken.
 - B Gasverpakken.
 - C Vacuüm verpakken.
- 6 Aan margarine kunnen onder andere antioxidanten, emulgatoren en kleurstoffen zijn toegevoegd. Welke van deze additieven moet het ranzig worden van margarine tegengaan?
- A Antioxidanten.
 - B Emulgatoren.
 - C Kleurstoffen.

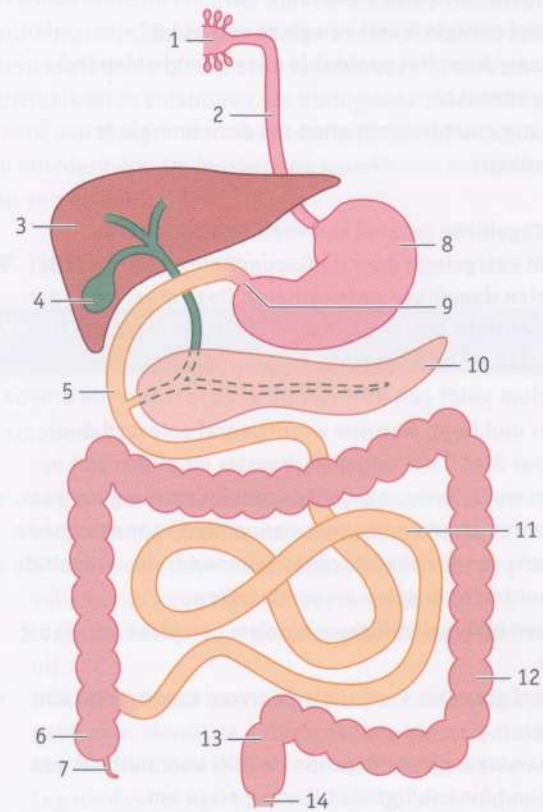
DOELSTELLING 4

Beantwoord de volgende vragen.

Gebruik hierbij afbeelding 57.

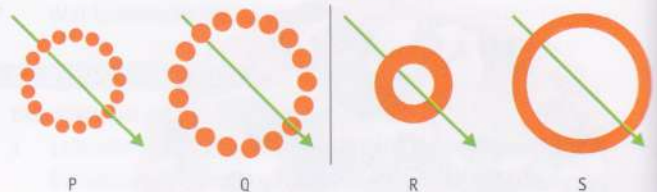
- 1 Welke vorm van mechanische vertering vindt plaats in deel 1?
- 2 Met welke nummers is een kringspier aangegeven?
- 3 Met welk nummer is het deel aangegeven waarin gal wordt geproduceerd?
- 4 Welk verteringssap produceert nummer 10?

▼ Afb. 57



Bij de darmperistaltiek werken kring- en lengtespieren samen. In afbeelding 58 zijn met P, Q, R en S vier afbeeldingen van darmspieren schematisch weergegeven. P en Q zijn doorsneden door lengtespieren, R en S zijn doorsneden door kringspieren. De pijl geeft de richting aan waarin het voedsel wordt vervoerd. Peristaltiek treedt op doordat steeds twee van de in afbeelding 58 aangegeven situaties wijzigen.

▼ Afb. 58



- 5 Welke verandering vindt plaats vóór de voedselbrij: van P naar Q of van Q naar P?
- 6 Welke verandering vindt plaats achter de voedselbrij: van R naar S of van S naar R?
- 7 Hoe heet het deel dat de neusholte afsluit als voedsel wordt doorgeslikt?
- 8 Is de maagportier open of dicht als de inhoud van deel 5 zuur is?

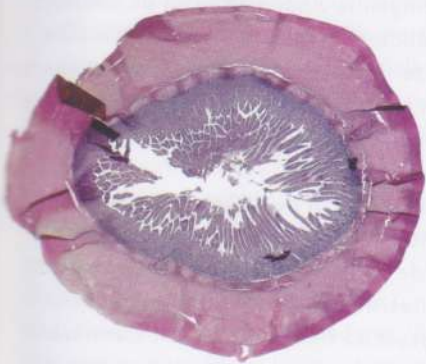
- 9 Lintwormen zijn parasieten die bij dieren en mensen in het verteringskanaal kunnen leven. Ze hebben zelf geen verteringskanaal.

In welk van de genummerde delen is voor een volwassen lintworm de kans het grootst om aan voldoende voedsel te komen? Leg je antwoord uit.

- 10 Met welk nummer is het deel aangegeven waarin vertering van cellulose door bacteriën plaatsvindt?
- 11 In welke delen van het darmkanaal vindt bij diarree onvoldoende resorptie van water plaats?
- 12 Afbeelding 59 is een foto van een doorsnede van het darmkanaal.

Van welk van de genummerde delen in afbeelding 57 is dit een foto?

▼ Afb. 59



- 13 Een ongetrainde loper krijgt na enige tijd hardlopen pijn in zijn zij. Opgehoopt gas wordt wel als verklaring voor het ontstaan van deze pijn genoemd. Dit gas wordt door bacteriën gevormd en door het hardlopen hoopt het zich op in een bepaald deel van het verteringskanaal. Normaal wordt het gevormde gas via het bloed afgevoerd. Bij hardlopen is de doorbloeding van het verteringskanaal geringer dan normaal. In welk deel van het verteringskanaal is de kans op een ophoping van gas tijdens het hardlopen het grootst?

DOELSTELLING 5

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 In de maag van de mens vindt met behulp van het enzym pepsine vertering plaats. Wanneer het voedsel in de twaalfvingerige darm terechtkomt, stopt de werking van pepsine na enige tijd.

Wat is hiervan de oorzaak?

- A De temperatuur in de twaalfvingerige darm maakt pepsine onwerkzaam.
- B De pH in de twaalfvingerige darm maakt pepsine onwerkzaam.

- C Het toevoegen van gal in de twaalfvingerige darm maakt pepsine onwerkzaam.
- D In de twaalfvingerige darm wordt het voedsel door andere enzymen dan pepsine verteerd.

- 2 In afbeelding 60 is de vertering van een voedingsstof schematisch weergegeven.

Welke stof kan worden voorgesteld door S?

- A Een aminozuur.
- B Cellulose.
- C Glucose.
- D Een vetzuur.

▼ Afb. 60

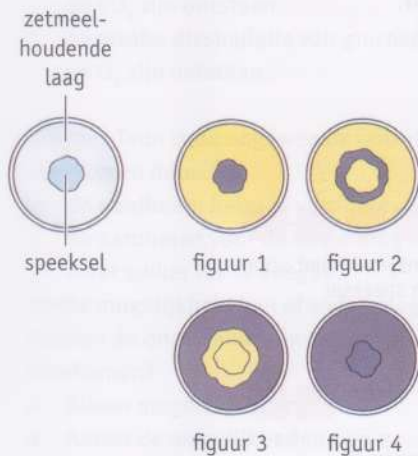


- 3 Iemand eet een droge, bruine boterham. Gaan na enige tijd polysacchariden door de maagpoortier? En polypeptiden?
- A Geen van de genoemde stoffen.
- B Alleen polysacchariden.
- C Alleen polypeptiden.
- D Zowel polysacchariden als polypeptiden.
- 4 Wat kan een wielrenner het beste eten wanneer hij tijdens een wedstrijd snel energie nodig heeft: een banaan of een tablet dextrose (glucose). Waarom?
- A Een banaan, omdat die direct in de mond wordt verteerd.
- B Een banaan, omdat die meer energie levert.
- C Dextrose, omdat dit direct in de mond wordt verteerd.
- D Dextrose, omdat dit niet hoeft te worden verteerd.
- 5 In een petrischaal bevindt zich een zetmeelhoudende laag (zie afbeelding 61). In het midden van de laag wordt wat speeksel gegoten. Na een half uur wordt de hele zetmeelhoudende laag met joodoplossing overgoten. Na vijf minuten wordt de joodoplossing uit de schaal gegoten.

Welke figuur van afbeelding 61 geeft aan hoe de schaal er na de proef uitziet?

- A Figuur 1.
- B Figuur 2.
- C Figuur 3.
- D Figuur 4.

▼ Afb. 61



- 6 In een experiment met gesteriliseerde volle melk werd de vertering van melkvet door lipase onderzocht. Vier mengsels waarvan de pH door toevoeging van een base op 8,5 was gebracht, werden onderzocht bij een temperatuur van 35 °C. De samenstelling van de mengsels is weergegeven in tabel 6. De gebruikte indicator is bij een pH van 8,2 of lager kleurloos. Boven pH 8,2 is de indicator rood. Er werd nagegaan of de indicator van kleur veranderde en zo ja, na hoeveel tijd dit gebeurde.

Uit vergelijking van welke resultaten blijkt dat melkvet wordt verteerd onder invloed van lipase?

- A Alleen uit de vergelijking van de resultaten van 1 en 2.
- B Alleen uit de vergelijking van de resultaten van 2 en 3.
- C Alleen uit de vergelijking van de resultaten van 2 en 4.
- D Uit de vergelijking van de resultaten van 1 en 2, maar ook uit de vergelijking van 3 en 4.

▼ Tabel 6

Mengsel	1	2	3	4
Samenstelling aan het begin van het experiment	melk base indicator (rood)	melk base indicator (rood) lipase	melk base indicator (rood) gal	melk base indicator (rood) gal lipase
Kleur van de indicator	na 60 min nog steeds rood	na 2 min kleurloos en na 60 min nog kleurloos	na 60 min nog steeds rood	na 1 min kleurloos en na 60 min nog kleurloos

DOELSTELLING 6

Beantwoord de volgende vragen over de context 'Darmbacterie helpt muizen afslanken'.

DARMBACTERIE HELPT MUIZEN AFSLANKEN

Uit wetenschappelijk onderzoek blijkt dat darmbacteriën van de mens het gewicht van muizen sterk kunnen beïnvloeden.

Darmbacteriën spelen waarschijnlijk een grotere rol bij de ontwikkeling van obesitas (overgewicht) dan tot nu werd aangenomen. Dat melden onderzoekers van de Universiteit van Washington in het wetenschappelijk tijdschrift *Science*. De wetenschappers slaagden er bij hun onderzoek in om een aantal tweelingen te vinden waarvan de ene helft obesitas had en de andere helft slank was. Ze transplanteerden de darmbacteriën uit de poep van deze proefpersonen naar de darmen van muizen die in een volledig steriele omgeving waren opgegroeid en zelf nog geen bacteriën in hun darmen hadden.

De verschillende bacteriën van de dikke en slanke proefpersonen bleken van grote invloed op het lichaamsgewicht van de muizen. Als de darmbacteriën van slanke mensen worden getransplanteerd naar de darmen van muizen, blijven de dieren opvallend slank. Muizen die darmbacteriën ontvangen van mensen met overgewicht worden dik, ook als ze hetzelfde voedsel krijgen als hun slanke soortgenoten. In de toekomst kan deze ontdekking misschien leiden tot nieuwe behandelingen, waarbij mensen met obesitas bacteriën uit de darmen van slanke mensen ontvangen om gewichtsafname te bewerkstelligen.

► Afb. 62



2 In de context wordt een aantal fasen van het onderzoek beschreven. Fasen van natuurwetenschappelijk onderzoek zijn: conclusie – verwachting – experiment – observatie – hypothese.

Noteer van de volgende uitspraken welke fase daarbij hoort. Schrijf dit als volgt op: A = ...

- A Uit onderzoek is gebleken dat mensen met obesitas een andere samenstelling van darmbacteriën bezitten dan slanke mensen.
- B Men vermoedt dat darmbacteriën invloed hebben op het lichaamsgewicht.
- C Als darmbacteriën invloed hebben op het lichaamsgewicht van steriele muizen, zullen steriele muizen die darmbacteriën ontvangen van mensen met obesitas dikker worden dan steriele muizen die darmbacteriën ontvangen van slanke mensen.
- D De samenstelling van darmbacteriën heeft invloed op het lichaamsgewicht van muizen.
- E De invloed van darmbacteriën wordt onderzocht bij steriele muizen. Eén groep steriele muizen krijgt darmbacteriën van slanke mensen. De andere groep steriele muizen krijgt darmbacteriën van mensen met overgewicht (obesitas).
- 3 Om betrouwbare gegevens te verkrijgen, moeten alle omstandigheden bij beide groepen muizen gelijk zijn. Er mag maar één factor verschillen. Welke factor is dat in dit onderzoek?
- 3 Veel dieren hebben een blindedarm. Volgens onderzoekers zou de blindedarm kunnen helpen om een goede darmflora te handhaven. Vanuit de blindedarm kan de darmflora worden hersteld na bijvoorbeeld diarree of een andere ontregeling van de maag-darmflora. Mensen en muizen hebben een blindedarm. Fretten (zie afbeelding 63) hebben geen blindedarm en maar heel korte darmen. Fretten die veel plantaardig voedsel eten, vertonen na enige tijd symptomen van ernstige ondervoeding. Leg uit hoe dat komt.

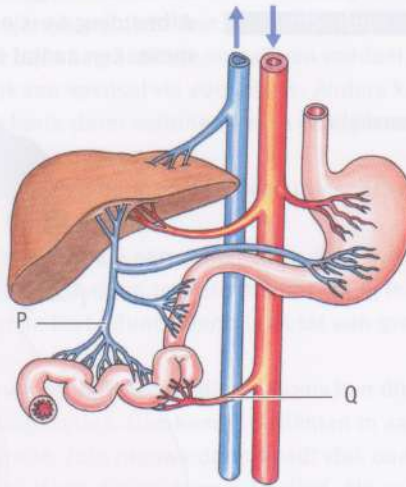
▼ Afb. 63 Een fret.



- 4 Sommige soorten bacteriën in de darmflora produceren enzymen die cellulose in de celwanden van plantaardige voedselresten afbreken. Hierbij ontstaat glucose. Wat gebeurt er met deze glucose?

- 5 In afbeelding 64 is de glucoseconcentratie in bloedvat P op een bepaald moment lager dan die op plaats Q. Leg met behulp van deze informatie uit dat resorptie van voedingsstoffen door het darmepitheel voornamelijk een actief proces is.

▼ Afb. 6 Deel van het verteringsstelsel van de mens met enkele bijbehorende bloedvaten.



Controleer met het uitwerkingenboek of je de diagnostische-toetsvragen goed hebt gemaakt.

- Heb je geen fouten gemaakt? Begin dan aan de eindopdracht en de verrijksstof.
- Heb je fouten gemaakt bij een of meer doelstellingen? Bestudeer dan nog eens de theorie. Ga na wat je precies fout hebt gedaan. Begin daarna aan de eindopdracht en de verrijksstof.

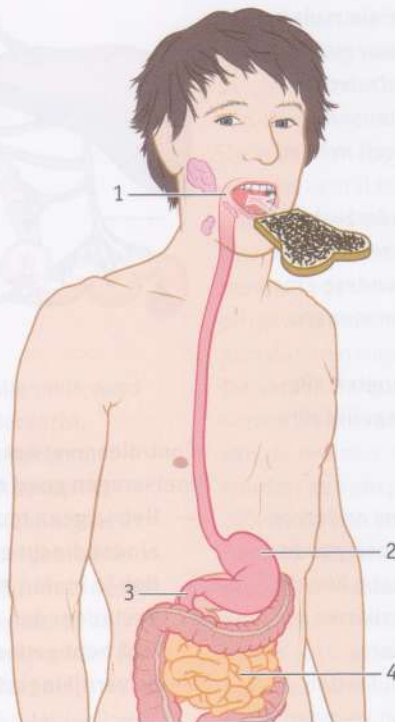
Eindopdracht

De eindopdracht geeft een overzicht over het thema en bevat (examen)opgaven over leerstof uit dit thema en voorgaande thema's. Met de eindopdracht kun je je voorbereiden op de eindtoets en je eindexamen.

opdracht 1

Afbeelding 65 is een schematische tekening van het verteringstelsel van de mens. Een aantal organen is genummerd.

► **Afb. 65** Het verteringstelsel van de mens (schematisch).



Chemische vertering bij de mens

Naam orgaan	pH in het orgaan	Verteringssap dat voorkomt in de voedselbrij in het orgaan	Enzymen die voorkomen in het verteringssap	Substraat waar het enzym op inwerkt	Verteringsproduct(en)
1					
2					
3					
4					

- 1 Neem het schema over en vul het verder in. Gebruik hierbij eventueel je *Binas*.
- 2 In deel 4 heb je geleerd dat bij de studie van biologie vijf hoofdthema's worden onderscheiden: zelfregulatie, zelforganisatie, interactie, reproductie en evolutie. Op welk hoofdthema heeft vertering betrekking? Leg je antwoord uit.

opdracht 2

Dunne darmtransplantatie (examen havo 2009-1)

Vanaf medio 2001 worden in Nederland dunne darmtransplantaties uitgevoerd. Patiënten met een stilliggende darm die in aanmerking komen voor een donordarm hebben soms al jarenlang niet meer met hun familie aan tafel gegeten. Een aantal kinderen heeft zelfs nog nooit de smaak van voedsel geproefd. Ze zijn permanent afhankelijk van voedsel via een infuus. Andere kinderen met een stilliggende darm of een te korte darm vertonen vermageringsverschijnselen en groeistoornissen.

- 1 Een 'stilliggende darm' is een darm waarin geen transport van de voedselbrij plaatsvindt.
Hoe noemt men de beweging die een stilliggende darm *niet* uitvoert?
- 2 Bij kinderen kan een te korte darm tot verminderde groei leiden.
Verklaar waardoor een te korte dunne darm leidt tot een groeiachterstand.

Infuusvoeding wordt via een ader toegediend. Soms kan dit niet meer door stolsel-
vorming of andere complicaties. Dan komen patiënten in aanmerking voor een
dunne darmtransplantatie. Zo'n nieuwe darm wordt vlak onder de maag aan het
resterende deel van de eigen dunne darm bevestigd. Als een geplooid gordijn
wordt de darm in de buikholte geplaatst en met diverse bloedvaten verbonden.
Vervolgens krijgt de patiënt een kunstmatige uitgang: een stoma (zie afbeelding
66). Deze stoma wordt met name gebruikt voor controles na de transplantatie.
Ook bij patiënten waarbij de endeldarm ontbreekt, kan een stoma noodzakelijk
zijn. De aansluitingsplek van deze stoma verschilt van de aansluitingsplek van de
stoma uit de afbeelding.

- 3 Wat is een opvallend verschil in samenstelling van de 'ontlasting' bij de stoma uit de afbeelding en bij een stoma van een patiënt zonder endeldarm? Leg uit waardoor dit verschil wordt veroorzaakt.

Op de verpakkingen van infuusvoeding komen de gegevens voor zoals te zien in tabel 7.

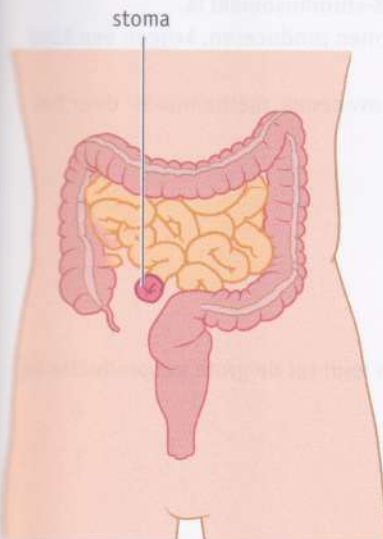
▼ Tabel 7

Bestanddeel	Hoeveelheid per verpakking 2 L	Hoeveelheid per verpakking 2,5 L
Aminozuren	44 g	55 g
Vetten	40 g	50 g
Glucose	160 g	200 g
Energie-inhoud	1216 kcal	1520 kcal

De minimale energiebehoefte van een volwassen persoon is 25 kcal per kilogram lichaamsgewicht per dag.

- 4 Bereken op één decimaal nauwkeurig hoeveel liter infuusvoeding een volwassen persoon van 75 kg per dag krijgt toegediend.

▼ Afb. 66



- 5 Een verpakking van 2,5 L bevat dezelfde concentraties aan opgeloste stoffen als een verpakking van 2 L.

Leg uit wat voor probleem er in het bloed optreedt als de hoeveelheid van de in tabel 7 vermelde bestanddelen uit de 2,5 L-verpakking in 2 L wordt opgelost en met een infuus wordt toegediend.

opdracht 3

Geplaagd door de wind (examen 2006-2)

Over de feiten rond flatulentie (het laten van winden) wordt niet gestreden. Het mechanisme is bekend: bepaalde sachariden kunnen in de dunne darm niet worden verteerd en worden uiteindelijk verderop, in de dikke darm, verteerd door bacteriën via een gistingsproces. Dat levert dagelijks zo'n 600 mL koolstofdioxide en waterstof op, dat het lichaam via de sluitspier verlaat – gemiddeld 14× per etmaal. Behalve uit koolstofdioxide en waterstof bestaat de wind uit methaan, echter niet bij iedereen: één op de drie mensen bezit geen of onvoldoende bacteriën in de darm die methaan kunnen produceren. De oorzaak is erfelijk. Koeien en mensen verergeren als gasproducenten met elke wind het broeikas-effect. Geruststellend is dat het bij mensen om milliliters per persoon per dag gaat. Bij een koe gaat het om 250 tot 500 L gas per dag.

Naar: Mark Traa, 'Geplaagd door de wind', in: Trouw, 14 oktober 1999.

- Leg uit waardoor mensen bepaalde sachariden wel en andere niet kunnen verwerken (verteren) in de dunne darm.
- Geef aan de hand van de tekst een argument dat de bewering bevestigt dat de bedoelde darmbacteriën anaerobe dissimilatie toepassen.
- Stel dat flatulentie berust op een gen dat niet X-chromosomaal is. Een man en een vrouw die allebei methaan kunnen produceren, krijgen een kind dat geen methaan vormt. Hoe groot is dan de kans dat hun tweede kind eveneens 'methaanloos' door het leven zal gaan?
 - 0%.
 - 25%.
 - 50%.
 - 75%.
 - 100%.
- Welke stof komt in plantaardig voedsel voor en leidt tot de grote gasproductie bij de koe?
 - Cellulose.
 - Glucose.
 - Glycogeen.
 - Zetmeel.

1 Functionele voedingsmiddelen

Voedingsmiddelen die behalve voedingsstoffen ook een ander gezondheidsbevorderend ingrediënt bevatten of een ingrediënt dat de kans op ziekte tegengaat, noemen we functionele voedingsmiddelen (zie afbeelding 67). De ingrediënten kunnen van nature al in het product aanwezig zijn maar ook tijdens de productie worden toegevoegd. Meestal gaat het om natuurlijke ingrediënten waarvan de concentratie door extra toevoeging is verhoogd. Soms gaat het om een ingrediënt dat door een gezondere variant is vervangen, bijvoorbeeld verzadigde vetzuren die worden vervangen door onverzadigde vetzuren. Er kan ook een ingrediënt zijn toegevoegd dat normaal niet in het voedingsmiddel voorkomt. Er is een groeiende belangstelling voor functionele voedingsmiddelen. Daar levert de reclame van de producenten een bijdrage aan. Maar zij mogen niet zomaar allerlei beweringen doen over het gezondheidseffect van een functioneel voedingsmiddel. Alleen gezondheidsclaims die op een door de Europese Unie goedgekeurde lijst staan, mogen op het etiket worden vermeld. De markt voor functionele voedingsmiddelen groeit snel en er worden steeds nieuwe functionele voedingsmiddelen bedacht. In deze verrijkingstof bespreken we een aantal voorbeelden van toegevoegde ingrediënten in functionele voedingsmiddelen.

► Afb. 67



PROBIOTICA

Probiotica zijn voedingsmiddelen met levende micro-organismen. Deze kunnen de darmflora beïnvloeden als zij de dikke darm hebben bereikt. De bacteriën moeten daarvoor de zure omstandigheden van de maag kunnen doorstaan en in anaerobe omstandigheden kunnen leven. *Lactobacillus*, *Streptococcus* en *Bifidobacterium* zijn bacteriesoorten die hiervoor in aanmerking komen. Het zijn alledrie melkzuurbacteriën die van nature voorkomen in de dikke darm en in zure zuivelproducten. Yoghurt en andere zure zuivelproducten zijn bekende vormen van probiotica. Volgens de fabrikanten verbeteren zij de algemene gezondheid of de weerstand. Probiotica bevatten echter verschillende bacteriestammen. Elke stam heeft specifieke eigenschappen zodat de werking per stam kan verschillen. Als mogelijke positieve effecten van probiotica worden genoemd: lactose-intolerantie opheffen, de werking van het immuunsysteem verbeteren, het cholesterolgehalte verlagen, de voedingswaarde van het voedsel verhogen en beschermen tegen dikkedarmkanker. Er is echter langdurig wetenschappelijk onderzoek nodig om hiervoor bewijzen te verzamelen.

PREBIOTICA

Prebiotica zijn niet-verteerbare ingrediënten (voedingsvezels) in voedingsmiddelen die de groei en de activiteit van een of meerdere soorten bacteriën in de dikke darm stimuleren. Dit kan de gezondheid van de gastheer bevorderen. Zo kunnen prebiotica obstipatie verminderen doordat ze water aantrekken. De darminhoud wordt dan minder droog. Prebiotica verkleinen ook de kans op obstipatie doordat ze zuren afscheiden die de darmperistaltiek bevorderen. De zuren verminderen ook de symptomen van verschillende darmaandoeningen, zoals de ziekte van Crohn en een prikkelbare darm. Verder kunnen prebiotica helpen een verstoorde darmflora te herstellen na een antibioticakuur of diarree. Claims dat prebiotica een positief effect zouden hebben op het cholesterolgehalte en het immuunsysteem en bijdragen aan een verminderd risico op darmkanker, zijn niet bewezen.

PLANTENSTEROLEN

Cholesterol is een bestanddeel van onze celmembranen. Het zorgt ervoor dat de celmembranen soepel blijven. Het meeste cholesterol wordt aangemaakt door de lever. Een klein deel krijg je binnen via je voeding. Plantensterolen zijn afkomstig uit planten en verminderen de hoeveelheid cholesterol die uit de voeding in je darmen wordt opgenomen. We krijgen plantensterolen in kleine hoeveelheden binnen via onze dagelijkse voeding. Functionele voedingsmiddelen waaraan een cholesterolverlagende werking wordt toegeschreven, bevatten een hogere concentratie plantensterolen.

CAFEÏNE

Cafeïne is van nature aanwezig in bladeren, zaden en vruchten van meer dan honderd verschillende plantensoorten over de hele wereld. De meest bekende bronnen van cafeïne zijn koffie, cacaobonen, colanoten en theebladeren. Cafeïne wordt vaak toegevoegd aan energiedranken. Het heeft een stimulerende werking doordat het orthosympatische zenuwstelsel wordt geactiveerd. Het is niet bewezen dat energiedranken bijdragen aan het verbeteren van de sportprestaties of van het concentratievermogen. Wel blijf je langer wakker na het drinken van energiedrank en kun je een opgejaagd gevoel krijgen.

CALCIUM

In de basisstof heb je geleerd wat de functie van calcium in voeding is. Het Voedingscentrum geeft het advies om dagelijks niet meer dan 2500 mg calcium te gebruiken. Wanneer je te veel calcium binnenkrijgt, kunnen urinewegstenen ontstaan of kunnen de nieren en bloedvatwanden verkalken.

VITAMINE C

Ook de functie van vitamine C is in de basisstof besproken. Wanneer je te veel vitamine C binnenkrijgt, plas je dat uit. Toch kan een teveel schadelijk zijn. Meer dan 2 g vitamine C per dag kan leiden tot darmklachten of diarree.

OMEGA-3-VETZUREN

Omega-3-vetzuren zijn meervoudig onverzadigde vetzuren. Er zijn duidelijke aanwijzingen dat de inname van omega-3-vetzuren uit vette vis extra bescherming geeft tegen hart- en vaatziekten. Het advies is daarom om 2x per week vette vis te eten. Er komen steeds meer functionele voedingsmiddelen met toegevoegde omega-3-vetzuren. Deze voedingsmiddelen kunnen een alternatief zijn voor mensen die geen vis eten. Om het omega-3-gehalte van functionele voedingsmiddelen te verhogen, wordt visolie aan het voedingsmiddel toegevoegd.

opdracht 1

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Hoe kan lactose-intolerantie door probiotica worden opgeheven?
- 2 Wanneer een probioticum enige tijd is verhit, blijkt dat na inname lactose-intolerantie niet wordt opgeheven. Leg dit uit.

Uit onderzoek is gebleken dat de darmbacterie *Akkermansia muciniphila* meer voorkomt in slanke muizen dan in dikke muizen. Door dikke muizen voedingsmiddelen te laten eten met veel voedingsvezel, neemt de populatie *Akkermansia* toe en vallen de dikke muizen af.

Ook mensen kunnen de bacteriesamenstelling in de darmen beïnvloeden door de voedingsmiddelen die ze eten. Sommige mensen proberen de bacteriesamenstelling van hun darmflora te beïnvloeden door probiotica in te nemen. Volgens onderzoekers bereikt maar een heel klein gedeelte van de bacteriën in probiotica de darmen levend. De bacteriestammen die voorkomen in probiotica groeien van nature niet in onze darmen en vestigen zich daardoor ook niet op die plaats. Ze zijn maar korte tijd in de darmen aanwezig.

- 3 *Akkermansia muciniphila* komt ook voor in de darmen van mensen. Wanneer de uitkomst van het onderzoek bij muizen ook geldt voor mensen, kunnen zij afvallen door ervoor te zorgen dat de populatie *Akkermansia* in hun darmen stijgt. Wat is hiervoor de beste methode?
- 4 Noem twee redenen waarom het innemen van probiotica niet voldoende kan bijdragen aan een goede bacteriesamenstelling in de darmen.
- 5 Zijn mensen met een prikkelbare darm gevoeliger voor een lage pH of voor een hoge pH in de darm? Leg je antwoord uit.
- 6 Waarom moet de darmflora zich herstellen na diarree?
- 7 Waarom moet de darmflora zich herstellen na een antibioticakuur?
- 8 Wat gebeurt er met je hartslag en je ademhaling na het drinken van een energiedrank? Leg je antwoord uit.

opdracht 2

Beantwoord de volgende vragen.

Hoogleraar Voeding en gezondheid aan de Wageningen Universiteit Frans Kok is niet tegen functionele voedingsmiddelen, maar vindt wel dat het effect van het product moet zijn bewezen. Ook mogen er geen alternatieven zijn voor het functionele product of voor het gezondheidseffect ervan. Maar volgens hem zijn die er juist wel en zijn functionele voedingsmiddelen daardoor overbodig.

- 1 Wat bedoelt Frans Kok met 'een alternatief voor het functionele product'?
- 2 En wat bedoelt hij met 'een alternatief voor het gezondheidseffect van een functioneel voedingsmiddel'?
- 3 Wat vind jij van het gebruik van functionele voedingsmiddelen? Leg je antwoord uit.

WEB meer verrijkingstoffen vind je op ePack

5

Transport



BASISSTOF

- 1 Hartstilstand 58
- 2 Het hart 62
- 3 De bloedvaten 69
- 4 De bloeddruk 75
- 5 Het bloed 81
- 6 Weefselvloeistof en lymfe 90

SAMENVATTING 93

DIAGNOSTISCHE TOETS 96

EINDOPDRACHT 103

VERRIJKINGSSTOF 107

- 1 De bouw van een zoogdierhart 107



Bij meercellige organismen zorgt de bloedsomloop onder andere voor het transport van stoffen en warmte. De gesloten, dubbele bloedsomloop bij mensen transporteert bijvoorbeeld glucose vanuit de lever en zuurstof vanuit de longen naar de cellen toe. Water en afvalstoffen van cellen passeren de nieren en kunnen daar worden uitgescheiden. Hormonen worden via de bloedstroom verspreid om de activiteit van cellen te reguleren. Warmte kan vanuit warme gedeelten over het lichaam worden verdeeld. Bloedplaatjes en witte bloedcellen dragen bij aan de bescherming van het lichaam. Witte bloedcellen zijn ook actief in de weefselvloeistof en in het lymfestelsel.

1 Hartstilstand

De cellen van je lichaam hebben voortdurend zuurstof nodig. Je hart zorgt ervoor dat het bloed stroomt en stoffen transporteert in je lichaam. Dat gebeurt al sinds je een embryo was van 4 weken oud. Als de bloedsomloop stopt, zoals bij een hartstilstand, ontstaat een levensgevaarlijke situatie. Dit overkomt in Nederland gemiddeld driehonderd mensen per week, thuis, op straat of op de sportclub. Vaak staat bij een hartstilstand het hart helemaal niet stil. De kamers van het hart kunnen snel en ongecoördineerd trillen (kamerfibrilleren). Het hart pompt dan niet meer effectief en de bloedstroom komt tot stilstand. Hiermee stopt ook de toevoer van zuurstof naar de cellen van het lichaam. Het slachtoffer raakt binnen enkele seconden bewusteloos. De normale ademhaling valt weg en de huid wordt bleker of zelfs blauwachtig. Na vier tot zes minuten raken hersencellen onherstelbaar beschadigd. Daarna lopen ook andere organen schade op. Er is acuut levensgevaar. Het is belangrijk dat je in zo'n geval weet wat je moet doen.

WETEN WAT JE MOET DOEN

Vroeg in de ochtend werd Arnold door zijn moeder gebeld omdat ze zich niet goed voelde. Toen hij even later aankwam, lag zijn moeder in een vreemde houding op de bank en ademde niet meer. Arnold begon meteen met reanimeren en werd daarbij geholpen door zijn broer, die eerst 112 had gebeld. De politie, die nog vóór de ambulance arriveerde, gebruikte de AED, een automatische defibrillator. De moeder van Arnold heeft helaas niet lang meer geleefd. Ze overleed nadat ze in het ziekenhuis nog enkele dagen in coma had gelegen. Desondanks was Arnold blij dat hij voor zijn moeder nog alles heeft kunnen doen wat mogelijk was en nu geen schuldgevoel hoeft te hebben. Net drie weken daarvóór had hij nog een herhalingscursus voor reanimeren gevolgd. Daardoor wist hij wat hij moest doen.

Uit onderzoek blijkt dat het belangrijk is dat omstanders weten wat ze moeten doen bij een hartstilstand: 112 bellen om een ambulance op te roepen, direct starten met reanimatie (zie afbeelding 1.1) en binnen zes minuten met een AED (Automatische Externe Defibrillator) het hart een of meer krachtige stroomstoten toedienen om het normale

▼ Afb. 1 Weten wat je moet doen.



1 112 bellen en starten met reanimatie

2 binnen zes minuten hulp bieden bij hartstilstand

hartritme terug te brengen. Door nieuwe sms-alert-systemen zijn hulpverleners sneller ter plaatse. In steeds meer plaatsen worden 6 minutenzones ingesteld voor snelle actie met reanimatie en defibrillatie (zie afbeelding 1.2).

De overleving van mensen met een hartstilstand buiten het

ziekenhuis is in Nederland ongeveer 10 tot 20% en verschilt per regio. Reanimatiepartners en veel EHBO-verenigingen geven cursussen reanimeren waarbij je ook leert hoe je een AED moet gebruiken. AED-apparaten hangen vaak op goed bereikbare plaatsen zoals in openbare gebouwen waar veel mensen komen.

opdracht 1

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Waardoor is een hartstilstand levensgevaarlijk?
- 2 Een circulatiestilstand is een betere benaming voor een hartstilstand. Leg dat uit.
- 3 Noem drie dingen die je moet doen voor een slachtoffer met een hartstilstand.
- 4 In vrijwel alle schoolgebouwen is een AED aanwezig. Waar bevindt zich op jouw school een AED?
- 5 Bij welke organisaties kun je leren hoe je een AED moet gebruiken?

DE BLOEDSOMLOOP

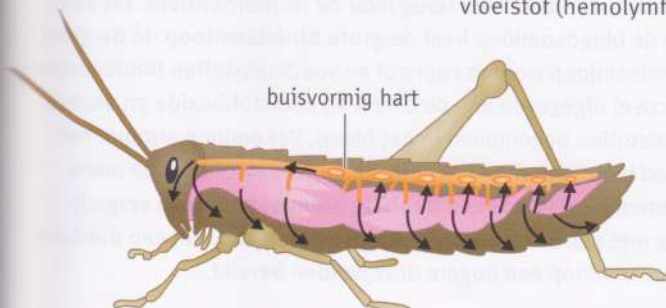
Bij eencellige organismen en bij dieren die uit enkele cellen zijn opgebouwd, vindt transport van stoffen plaats over kleine afstanden (zie afbeelding 2). Het transport vindt plaats door diffusie. Alleen bij korte afstanden is het transport door diffusie groot genoeg om cellen van voldoende zuurstof te voorzien. Hetzelfde geldt voor de opname van voedingsstoffen en de afgifte van afvalstoffen. Bij grotere afstanden in grotere organismen, is alleen transport via diffusie niet toereikend. Deze dieren hebben dan ook een speciaal transportmechanisme nodig, zoals een **bloedsomloop**. Bij een bloedsomloop vindt transport plaats door bloed dat door het lichaam stroomt. De kracht hiervoor wordt geleverd door een **hart**. Het hart pompt het bloed door **bloedvaten**. Daardoor worden de stoffen sneller naar de cellen gebracht dan door diffusie zou kunnen. Behalve het transport van stoffen kan het bloed ook andere functies vervullen. In sommige organen kan door een intensieve dissimilatie veel warmte vrijkomen (bijvoorbeeld in skeletspieren). Het bloed verdeelt deze warmte over het gehele lichaam. De bloedsomloop zorgt voor een **homogeen (gelijkmatig) en constant intern milieu**. Verder speelt het bloed ook een rol bij de afweer tegen onder andere ziekteverwekkers. In thema 7 Bescherming en evenwicht gaan we hier verder op in.

EVOLUTIE

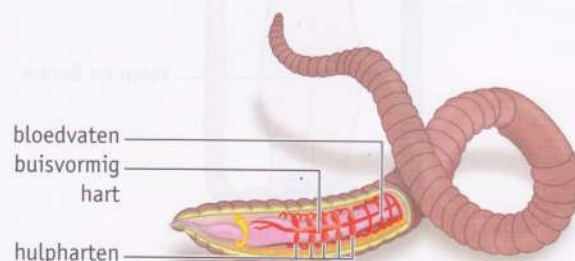
CIRCULATIESYSTEMEN

Gedurende de evolutie zijn verschillende circulatiesystemen ontstaan die passen bij de bouw en de leefwijze van het dier. Geleedpotigen zoals een sprinkhaan en krabben hebben een open systeem en een buisvormig hart dat de lichaamsvloeistof (hemolymfe) rond de organen laat bewegen (zie afbeelding 3.1).

Afb. 3 Circulatiesystemen.



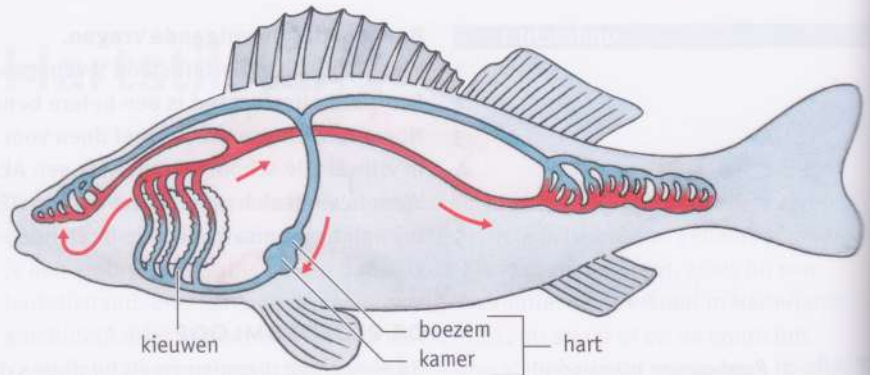
1 open circulatiesysteem met buisvormig hart bij een sprinkhaan



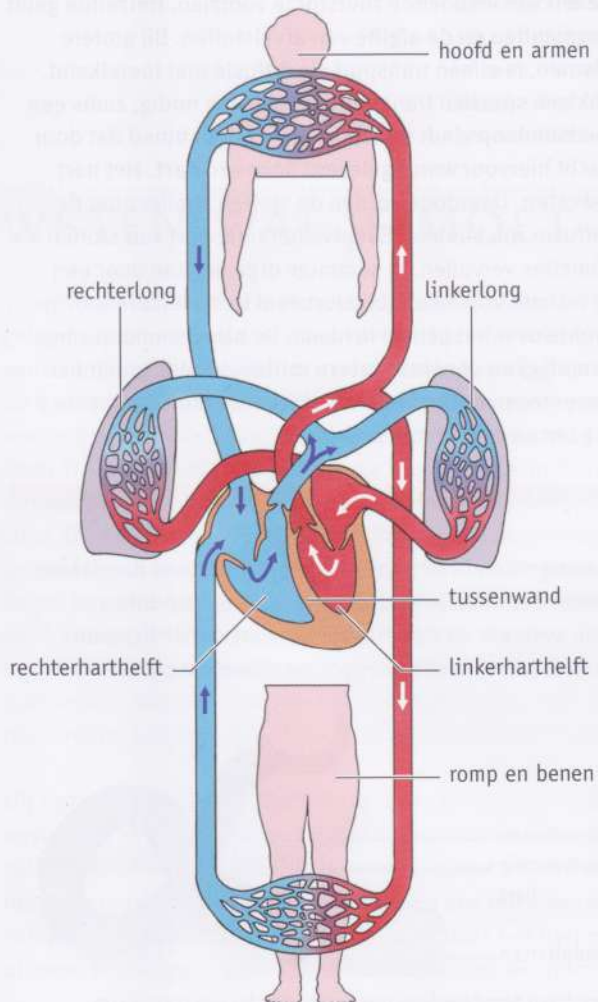
2 gesloten bloedsomloop met hulpharten bij een regenworm

Bij sommige diersoorten vind je meerdere harten. Regenwormen hebben een buisvormig hart met meerdere hulpharten. Inktvissen hebben een gewoon hart en twee kieuwharten. Regenwormen en inktvissen hebben, net als alle gewervelde dieren, een gesloten bloedsomloop. In een gesloten bloedsomloop is het bloed in bloedvaten gescheiden van de lichaamsvloeistof (zie afbeelding 3.2). Het transport van stoffen kan effectiever en over grotere afstanden plaatsvinden dan bij een open bloedsomloop.

► **Afb. 4** Enkelvoudige bloedsomloop bij een vis (schematisch).



▼ **Afb. 5** Dubbele bloedsomloop van de mens.



Bij vissen stroomt het bloed vanuit het hart eerst naar de kieuwen. Hierna stroomt het bloed naar de andere organen van het lichaam (zie afbeelding 4). Vissen hebben een **enkelvoudige bloedsomloop**. Per omloop stroomt het bloed één keer door het hart. Het hart van een vis bestaat uit een boezem en een kamer. Het bloed dat van de organen naar het hart stroomt, verzamelt zich in de boezem. De boezem pompt het bloed naar de kamer. De kamer pompt het bloed naar de kieuwen.

In afbeelding 5 is de bloedsomloop van de mens schematisch getekend. Het rood gekleurde deel bevat zuurstofrijk bloed en het blauw gekleurde deel zuurstofarm bloed. Je ziet dat het hart uit twee gescheiden helften bestaat: een **linkerharthelft** en een **rechterharthelft**. Let erop dat afbeeldingen van het bloedvatensysteem of van het hart steeds in vooraanzicht zijn getekend, waardoor het lijkt alsof ze in spiegelbeeld zijn weergegeven. De rechterhelft van het hart pompt het bloed naar beide longen. Vanuit de longen stroomt het bloed naar de linkerharthelft. Dit deel van de bloedsomloop heet de **kleine bloedsomloop**. Het bloed neemt daarbij zuurstof op en geeft koolstofdioxide af. De linkerhelft van het hart pompt het bloed heel het lichaam door. Het bloed stroomt door alle organen. Vanuit deze organen stroomt het bloed weer terug naar de rechterharthelft. Dit deel van de bloedsomloop heet de **grote bloedsomloop**. In de grote bloedsomloop worden zuurstof en voedingsstoffen (onder andere glucose) afgegeven aan de cellen en koolstofdioxide en andere afvalstoffen opgenomen in het bloed. Per omloop stroomt het bloed twee keer door het hart. De bloedsomloop bij de mens noemen we dan ook een **dubbele bloedsomloop**. In vergelijking met een enkelvoudige bloedsomloop kan met een dubbele bloedsomloop een hogere druk worden bereikt.

EVOLUTIE

opdracht 2

Neem het volgende schema over en vul het in.

Gedurende de evolutie zijn verschillende bloedcirculatiesystemen ontstaan. Noteer in de eerste kolom in volgorde van toenemende effectiviteit van de bloedsomloop: *mens* – *regenworm* – *sprinkhaan* – *vis*. Vul daarna de rest van het schema in.

Organisme	Bloedsomloop		Hart
	Open / gesloten	Enkelvoudig / dubbel	Buisvormig / kamers en boezems
		–	

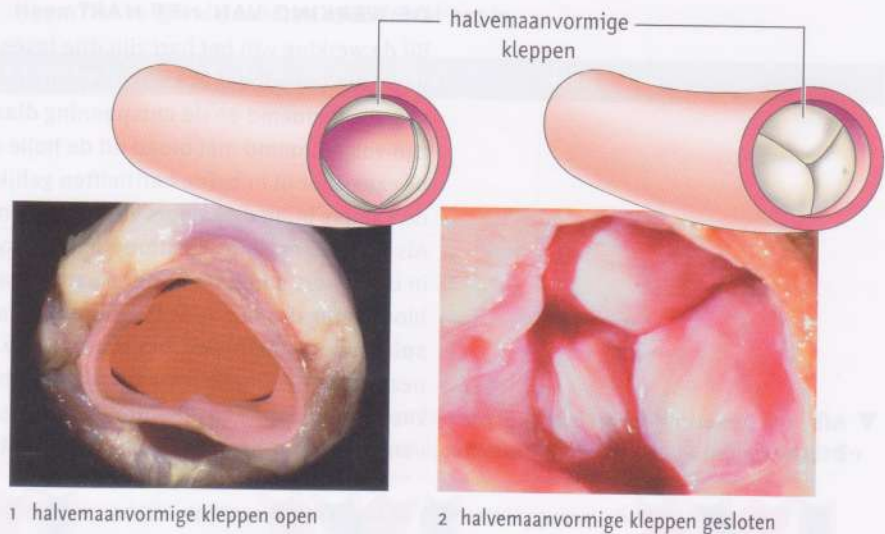
EVOLUTIE

opdracht 3

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Waarom noemen we de bloedsomloop van een vis een enkelvoudige bloedsomloop?
- 2 Bevat de hartkamer van een vis zuurstofrijk bloed of zuurstofarm bloed?
- 3 Welke wand is bij een vissenhart het meest gespierd: de wand van de boezem of de wand van de kamer? Leg je antwoord uit.
- 4 Mensen en vissen hebben een gesloten bloedsomloop. Wat is daarvan het voordeel?
- 5 Waarom noemen we de bloedsomloop van de mens een dubbele bloedsomloop?
- 6 In welk deel van de bloedsomloop van de mens wordt zuurstof in het bloed opgenomen: in de grote bloedsomloop of in de kleine bloedsomloop? En in welk deel wordt zuurstof afgegeven?
- 7 Welk voordeel heeft een dubbele bloedsomloop boven een enkelvoudige bloedsomloop?
- 8 Noem twee verschillen tussen een sprinkhaan en een mens die een verschil in de bouw van de circulatiesystemen noodzakelijk maken.

- **Afb. 8** Halvemaanvormige kleppen in de aorta (foto en schematische tekening).



opdracht 4

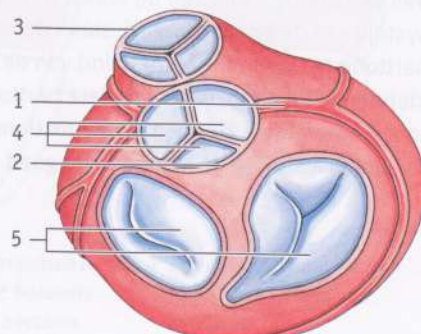
Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Door welke delen van het hart komt een bloedcel die van de bovenste holle ader naar de aorta gaat achtereenvolgens?
- 2 Welke delen van het hart hebben de meest gespierde wand: de boezems of de kamers? Leg je antwoord uit.
- 3 Welke kamer heeft de meest gespierde wand: de rechterkamer of de linkerkamer? Leg je antwoord uit.
- 4 Welke harthelft bij de mens pompt zuurstofrijk bloed weg? En welke harthelft zuurstofarm bloed?
- 5 Wat is de functie van de hartkleppen? En wat is de functie van de halvemaanvormige kleppen?
- 6 Doordat het hart het bloed met kracht wegpompt, ontstaat de bloeddruk. Is de bloeddruk aan het begin van de aorta lager dan, gelijk aan of hoger dan de bloeddruk aan het begin van de longslagader? Leg je antwoord uit.
- 7 Wat is de functie van de kransslagaders? En wat is de functie van de kransaders?
- 8 Het hartspierweefsel van een mens produceert veel koolstofdioxide. In welk deel van het hart komt dit koolstofdioxide het eerst terecht?
- 9 Bij het roken van een sigaret wordt in de longen nicotine opgenomen in het bloed. In welk deel van het hart komt deze nicotine het eerst terecht?

opdracht 5

In afbeelding 9 is een deel van het hart in bovenaanzicht schematisch getekend. De beide boezems en de aansluitende bloedvaten zijn weggelaten. Noteer de namen van de genummerde delen. De nummers 2 en 3 geven de wand van een bloedvat aan.

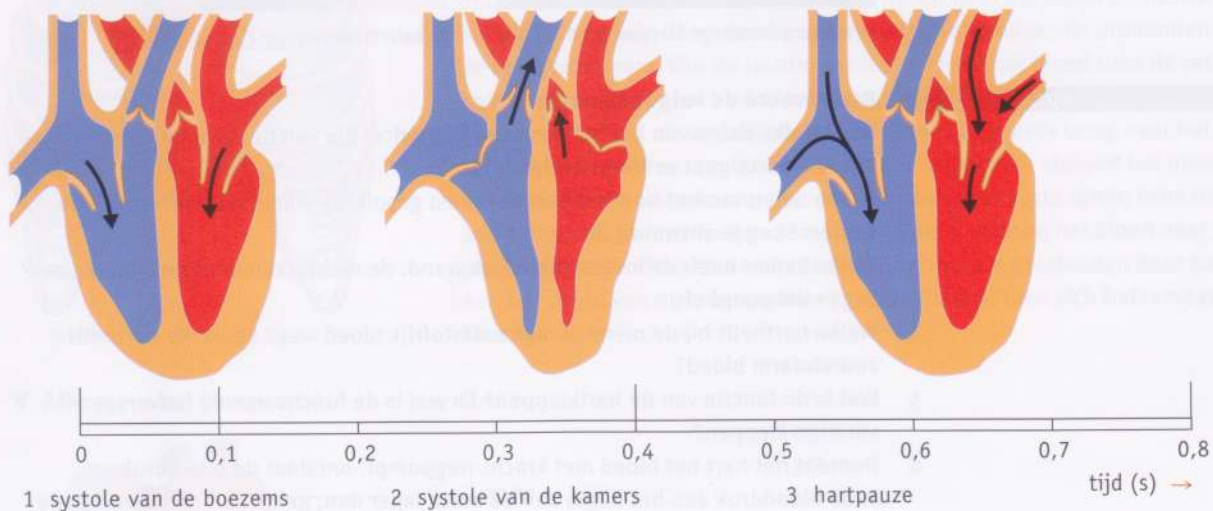
- **Afb. 9** Deel van het hart.



DE WERKING VAN HET HART

Bij de werking van het hart zijn drie fasen te onderscheiden die elkaar steeds opvolgen (zie afbeelding 10). De samentrekking van hartspierweefsel wordt **systole** genoemd en de ontspanning **diastole**. De hartslag begint als de boezems zijn volgestroomd met bloed uit de holle aders en de longaders. De **systole van de boezems** vindt in beide harthelften gelijktijdig plaats. Het bloed stroomt hierdoor de kamers in. In de kamers vindt op dat moment diastole plaats. Als de kamers zijn volgestroomd, vindt **systole van de kamers** plaats. De druk in de kamers stijgt. Daardoor slaan de hartkleppen dicht en verhinderen dat het bloed terugstroomt in de boezems. De hartkleppen zijn door **pezen** verbonden met **spieren** in de hartwand (zie afbeelding 7.2). Deze spieren zorgen ervoor dat de pezen strak gespannen staan bij het samentrekken van de kamers. Hiermee wordt voorkomen dat de hartkleppen 'doorslaan' naar de boezems. Tijdens de systole van de kamers vindt in de boezems diastole plaats.

▼ **Afb. 10** De werking van het hart (schematisch).



de tijdbalk geeft de tijdsduur van elke fase weer, als het hart 75 keer slaat per minuut (elke hartslag duurt hierbij 0,8 seconde)

Als de druk in de kamers hoger is geworden dan de druk in de aorta en in de longslagader(s), worden de halvemaanvormige kleppen opgedrukt. Het bloed wordt tegelijkertijd in de aorta en in de longslagader(s) gepompt. Hierna volgt de **hartpauze** waarbij zowel in de boezems als in de kamers diastole plaatsvindt. De halvemaanvormige kleppen zijn nu gesloten en verhinderen dat het bloed terugstroomt naar de kamers vanuit de longslagader(s) en de aorta. Het bloed stroomt uit de holle aders en de longaders in de boezems en gedeeltelijk door naar de kamers. In afbeelding 10 is voor elke fase de stand van de hartkleppen en van de halvemaanvormige kleppen aangegeven.

▼ **Afb. 11** Luisteren naar de harttonen.



Met een stethoscoop zijn bij iedere hartslag twee **harttonen** te horen. Als de systole van de kamers begint, slaan de hartkleppen dicht. Hierdoor is een dofte harttoon te horen. Als na het eind van de kamersystole de halvemaanvormige kleppen dichtslaan, is een heldere harttoon te horen. Een arts kan aan de harttonen horen of de kleppen goed functioneren (zie afbeelding 11). Als er **hartruis** te horen is, sluiten de kleppen niet goed.

opdracht 6

Neem het volgende schema over en vul het in.

	Systole van de boezems	Systole van de kamers	Hartpauze
1 In welke richting stroomt het bloed?			
2 Hoe is de stand van de hartkleppen?			
3 Hoe is de stand van de halvemaanvormige kleppen?			

opdracht 7

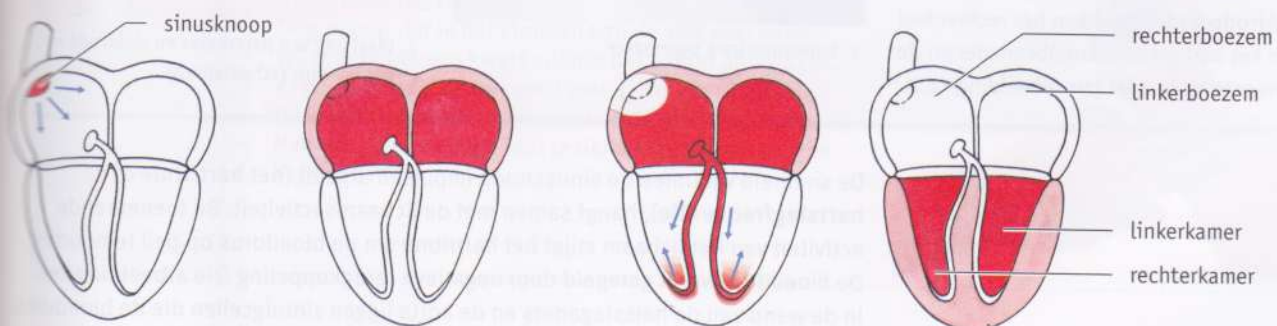
Beantwoord de volgende vragen.

- In afbeelding 10 is een tijdbalk weergegeven. Op welk tijdstip op deze tijdbalk is het volume van de hartkamers het grootst? En op welk tijdstip het kleinste?
- Op welk tijdstip op deze tijdbalk slaan de hartkleppen dicht?
- En op welk tijdstip slaan de halvemaanvormige kleppen dicht?
- Tijdens de systole van de kamers gaan de hartkleppen dicht en de halvemaanvormige kleppen open. Welke gebeurtenis vindt het eerst plaats? Leg je antwoord uit.
- Hoe komt het dat je met een stethoscoop bij iedere hartslag twee harttonen kunt horen?
- Wat is er aan de hand als een arts met een stethoscoop hartruis hoort? Welke gevolgen heeft dit voor de bloedstroom in het hart?
- Bij een medische keuring van een voetballer werd een hartkwaal geconstateerd. Een klep bij de aorta sloot, als gevolg van een aangeboren defect, onvolledig af. Hierdoor raakte de linkerkamer van het hart te vol. Leg dat uit.

HET HARTRITME (DE HARTSLAGFREQUENTIE)

De impulsen die de samentrekking van het hartspierweefsel veroorzaken, ontstaan in een groep gespecialiseerde cellen in de wand van de rechterboezem: de **sinusknoop**. Vanuit de sinusknoop worden de impulsen eerst naar het spierweefsel in de wand van beide boezems geleid. Hierdoor wordt de systole van de boezems veroorzaakt. Even later komen de impulsen in de wand van de kamers aan. Direct nadat de systole van de boezems is voltooid, begint de systole van de kamers. Hierna treedt de herstelfase op, waarna de sinusknoop opnieuw een impuls kan afgeven. In afbeelding 12 is de impulsgeleiding in het hart schematisch

Afb. 12 De impulsgeleiding in het hart (schematisch).



1 ontstaan van impulsen in de sinusknoop

2 geleiding van impulsen in de wand van de boezems: systole van de boezems

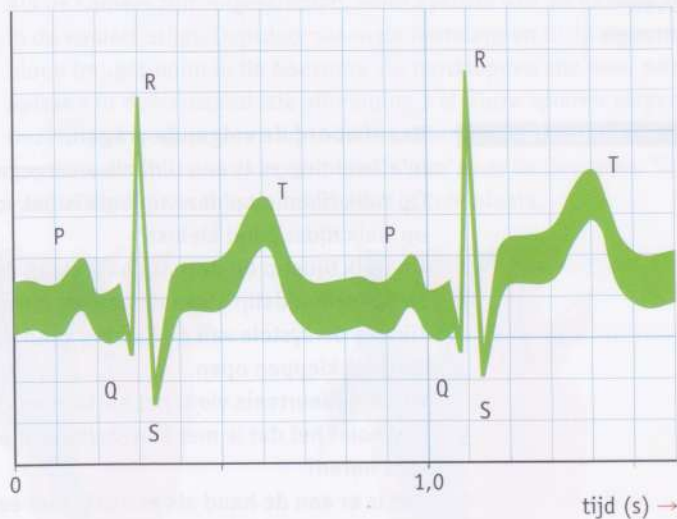
3 geleiding van impulsen vanuit de boezems naar de kamers

4 geleiding van impulsen in de wand van de kamers: systole van de kamers

getekend. De impulsgeleiding in het hart kan worden gemeten en geregistreerd in een **elektrocardiogram (ecg)**, zie afbeelding 13).

Bij hartritmestoornissen kunnen de boezems of de kamers te snel, te langzaam of onregelmatig samentrekken. De oorzaak ligt in de vorming of de geleiding van impulsen. Als er vaker ernstige hartritmestoornissen optreden en er risico bestaat voor een hartstilstand (hartfibrilleren), kan een **pacemaker** of **ICD** in het lichaam worden aangebracht (zie afbeelding 14).

► **Afb. 13** Een elektrocardiogram (ecg).



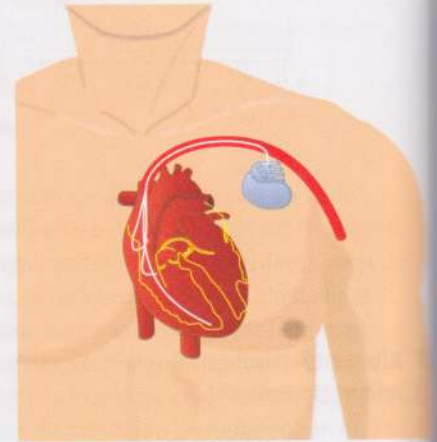
▼ **Afb. 14**

De ICD

Een ICD (Internal Cardioverter Defibrillator) is een speciaal soort pacemaker voor mensen met levensbedreigende hartritmestoornissen (zie afbeelding 14.1). De ICD herkent hartritmestoornissen en herstelt zo nodig het normale hartritme door elektrische impulsen of een sterke stroomstoot af te geven. Pacemakers worden meestal onder het linker sleutelbeen onder de huid geplaatst. De elektrodedraden bereiken het rechterdeel van het hart via de sleutelbeenader en de bovenste holle ader (zie afbeelding 14.2).



1 implanteerbare pacemaker



2 plaatsing van pacemaker en elektrode in het lichaam (schematisch)

De snelheid waarmee de sinusknoop impulsen afgeeft (het **hartritme** of de **hartslagfrequentie**), hangt samen met de lichaamsactiviteit. Bij toenemende activiteit van het lichaam stijgt het hartritme om de bloeddruk op peil te houden. De bloeddruk wordt geregeld door negatieve terugkoppeling (zie afbeelding 15). In de wand van de halsslagaders en de aorta liggen zintuigcellen die de bloeddruk waarnemen. Als de bloeddruk daalt onder een bepaalde waarde (de normwaarde), zorgt de hersenstam voor een stijging van het hartritme. Hierdoor stijgt de bloeddruk. Is de bloeddruk gestegen tot boven de normwaarde, dan daalt het hartritme weer.

In deel 4 is behandeld dat de hartslagfrequentie wordt beïnvloed door het autonome zenuwstelsel. Het autonome zenuwstelsel staat niet onder invloed van de wil. Centra in de hersenstam coördineren de activiteiten van het autonome zenuwstelsel. De hersenstam kan ook worden beïnvloed door emoties en zintuiglijke waarnemingen (via de grote hersenen). Dit is bijvoorbeeld het geval als je gespannen of kwaad bent, of als je iets ziet waarvan je schrikt. In deze situaties vindt ook beïnvloeding via hormonen plaats. Het bijniemerg geeft dan veel van het hormoon **adrenaline** af aan het bloed. Adrenaline en de hersenstam zorgen dan voor een stijging van het hartritme.

Het hartritme is afhankelijk van de lichaamsgrootte. Bij pasgeboren baby's slaat het hart gemiddeld 130 keer per minuut, bij volwassenen in rust gemiddeld 70 keer per minuut. Bij volwassenen wordt per hartslag 70 tot 100 mL bloed in de aorta gepompt. We noemen deze hoeveelheid bloed het **slagvolume**. Het slagvolume is onder andere afhankelijk van de hoeveelheid bloed die vanuit de holle aders de rechterboezem instroomt. Bij een 'sporthart' is het slagvolume relatief groot.

► Afb. 15 Regeling van het hartritme en de bloeddruk door negatieve terugkoppeling.



opdracht 8

PRACTICUM

HET HARTRITME BEPALEN

Inleiding	De hartslag veroorzaakt een drukgolf die op verschillende plaatsen in het lichaam voelbaar is, bijvoorbeeld in de hals en bij de pols. Verpleegkundigen bepalen het hartritme bij cliënten meestal aan de hand van de polsslslag. Je kunt dit eenvoudig bij jezelf of bij een medeleerling uitvoeren.
Materiaal	– een klok of horloge met seconde-aanduiding
Methode	<ul style="list-style-type: none"> – Leg je arm ontspannen op tafel. – Plaats de vingertoppen van de wijs-, middel- en ringvinger met lichte druk op de polsslslagader, 2–3 cm onder het polsgewricht in het verlengde van de duim (zie afbeelding 16). – Zorg ervoor dat je het kloppen van de slagader voelt. – Tel gedurende een kwart minuut het aantal polsslagen. – Vermenigvuldig de uitkomst met 4. Noteer de uitslag (in slagen per minuut) en eventuele bijzonderheden. – Herhaal de bepaling nadat je tien diepe kniebuigingen hebt gedaan.

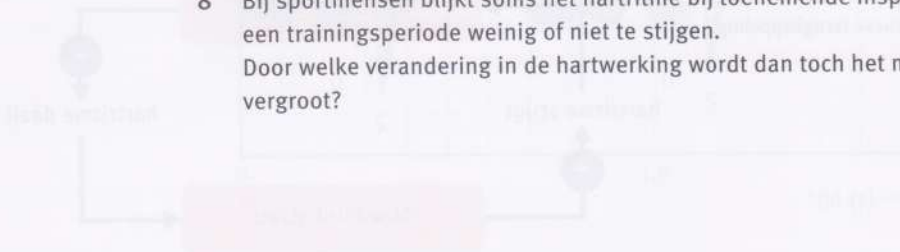
▼ Afb. 16



opdracht 9

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Wat verstaan we onder het hartritme?
- 2 Bij experimenten wordt soms een kloppend hart buiten het lichaam in een vloeistof gebracht. Leg uit hoe het komt dat zo'n hart door kan blijven kloppen.
- 3 De letters P, R en T in het ecg van afbeelding 13 geven de drie fasen aan in een hartslag. T geeft de herstelfase (hartpauze) aan. Welke samentrekkingen horen bij de letters P en R?
- 4 Maak met behulp van afbeelding 13 een schatting van de hartslagfrequentie van deze persoon.
- 5 Welke twee functies heeft een ICD?
- 6 Is het slagvolume van de linkerkamer kleiner dan, ongeveer gelijk aan of groter dan de hoeveelheid bloed die de rechterkamer per hartslag wegpompt?
- 7 Als maat voor de hoeveelheid arbeid die een hart verricht, wordt meestal het minutenvolume gebruikt. Dit is de hoeveelheid bloed die per minuut door de linkerkamer in de aorta wordt geperst. Bereken het gemiddelde minutenvolume van een volwassen persoon in rust.
- 8 Bij sportmensen blijkt soms het hartritme bij toenemende inspanning gedurende een trainingsperiode weinig of niet te stijgen. Door welke verandering in de hartwerking wordt dan toch het minutenvolume vergroot?



De ICD

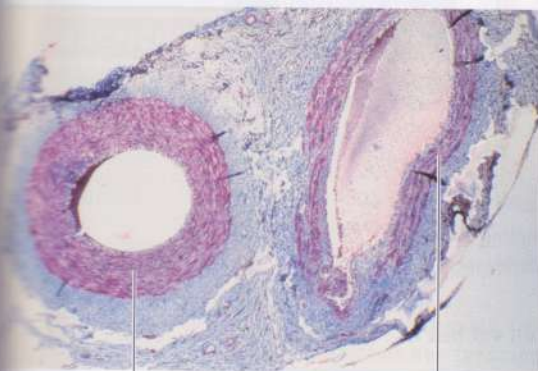
De ICD is een klein apparaat dat in het lichaam wordt ingebracht. Het is verbonden met de hartspier en kan elektrische schokken geven als de hartslag te laag wordt. Het is een soort van 'hartpomp' die de hartslag kan herstellen.



3 De bloedvaten

Het hart pompt het bloed in **slagaders**. Via slagaders stroomt het bloed weg van het hart, naar de organen toe. Door het pompen van het hart stroomt het bloed stootsgewijs door de slagaders. De wanden van slagaders zijn dan ook dik, stevig en elastisch. Ze bevatten een dikke laag glad spierweefsel (zie afbeelding 17). Slagaders liggen meestal diep in het lichaam, waardoor ze niet gemakkelijk worden beschadigd. In de organen vertakken de slagaders zich in steeds fijnere bloedvaten. Hierbij wordt de wand van de bloedvaten steeds dunner. Deze wand bestaat voor een groot deel uit glad spierweefsel. Dit maakt het mogelijk dat deze bloedvaten zich kunnen vernauwen of verwijden. Hierdoor kan de hoeveelheid bloed worden geregeld die door een bepaald weefsel stroomt. Bij grote lichamelijke inspanning worden de bloedvaten in de skeletspieren, in het hart en in de huid wijder. De bloedvaten in andere delen van het lichaam worden dan nauwer. In tabel 1 is voor enkele organen weergegeven hoeveel bloed er per minuut heen stroomt onder verschillende omstandigheden.

▼ **Afb. 17** Doorsnede van een slagader en een ader (microscopisch, vergroting 33x).

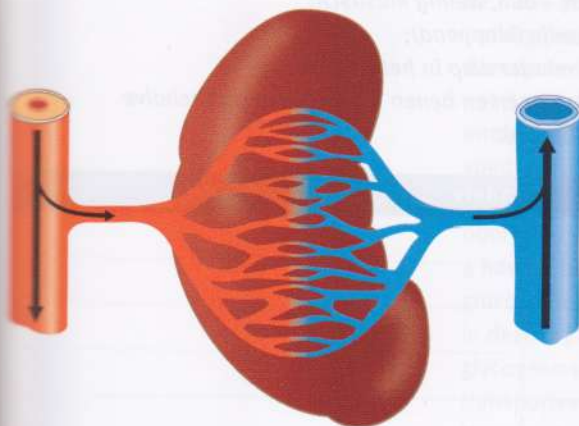


wand van een slagader wand van een ader

▼ **Tabel 1** De hoeveelheid bloed die onder verschillende omstandigheden naar organen stroomt (mL/min).

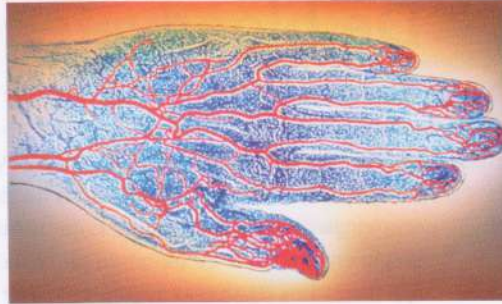
	Slaap	Rustige arbeid	Zware arbeid	Maximale inspanning
Hersenen	750	750	750	750
Hart	250	350	750	1000
Skeletspieren	1200	4500	12 500	22 000
Huid	500	1500	1900	600
Nieren	1100	900	600	250
Buikholte	1400	1100	600	300
Rest	600	400	400	100
Totaal	5800	9500	17 500	25 000

▼ **Afb. 18** De bloedstroom door een orgaan (schematisch).

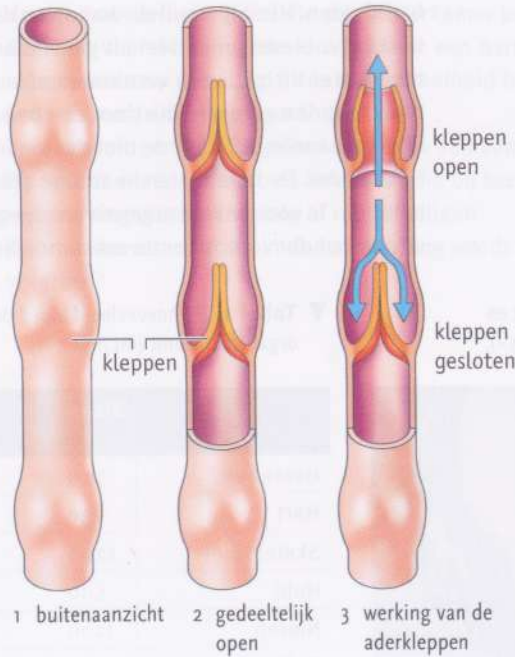


De slagaders vertakken zich tot **haarvaten**, waarvan de wand uit één laag cellen bestaat. Door deze dunne wand kan vocht met voedingsstoffen en zuurstof de haarvaten verlaten naar de cellen toe. Koolstofdioxide en andere afvalstoffen die door de cellen zijn geproduceerd, kunnen door de dunne wand in de haarvaten terechtkomen. De hoeveelheid bloed die door een haarvatennet stroomt, is afhankelijk van de activiteit van het weefsel. De haarvaten herenigen zich tot **aders**. Hierdoor stroomt het bloed naar het hart terug (zie afbeelding 18). De wanden van aders zijn dunner en minder elastisch dan die van slagaders. De bloeddruk in de aders is lager dan die in de haarvaten. Veel aders bevatten kleppen, vooral de aders in de armen en benen. De kleppen laten het bloed slechts in één richting door (zie afbeelding 20). In aders is geen hartslag meer merkbaar. Aders liggen meestal minder diep in het lichaam. Je kunt ze bijvoorbeeld aan de onderzijde van je arm zien liggen als blauwe strepen.

► **Afb. 19** Bloedvaten in een hand.



► **Afb. 20** Ader (schematisch).



opdracht 10

Neem het volgende schema over en vul het in.

Gebruik daarbij:

- bij 1: *van de organen weg naar het hart toe – van het hart weg naar de organen toe;*
- bij 2: *hoog – laag;*
- bij 3: *dik, stevig en elastisch – dun, weinig elastisch;*
- bij 4: *regelmatig – stootsgewijs (kloppend);*
- bij 5: *diep in het lichaam – minder diep in het lichaam;*
- bij 6: *aanwezig, vooral in de armen en benen – niet aanwezig (behalve halvemaanvormige kleppen).*

	Slagaders	Aders
1	Het bloed stroomt	
2	De bloeddruk is	
3	De wand is	
4	De bloedstroom is	
5	Ze liggen meestal	
6	Kleppen zijn	

opdracht 11

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Wat is de functie van het spierweefsel in de wand van de vertakkingen van slagaders?
- 2 Bij een persoon trekt het spierweefsel in de wand van de vertakkingen van de slagaders naar de skeletspieren in een groot deel van het lichaam zich plotseling samen.
Welk effect heeft dit op de bloeddruk?
- 3 En welk effect heeft dit op de stroomsnelheid van het bloed dat door de skeletspieren stroomt?
- 4 Bij goed getrainde atleten bevinden zich in de spieren veel meer haarvaten dan bij mensen die niet aan sport doen. Leg uit welk voordeel dit heeft.
- 5 Leg uit hoe aderkleppen werken (zie afbeelding 20).
- 6 Rangschik de volgende typen bloedvaten naar hun bloeddruk (van hoog naar laag): *aders* – *aorta* – *haarvaten* – *holle ader* – *slagaders*.
- 7 Waarom is een slagaderlijke bloeding gevaarlijker dan een aderlijke bloeding?

Gebruik bij de vragen 8 tot en met 10 tabel 1.

- 8 Naar welk orgaan is de bloedtoevoer onder alle omstandigheden constant?
- 9 Bij zware arbeid stroomt er meer bloed door de huid. Wat is daarvan het nut?
- 10 Bij maximale lichamelijke inspanning stroomt er weer minder bloed door de huid. Leg dat uit.

opdracht 12

PRACTICUM

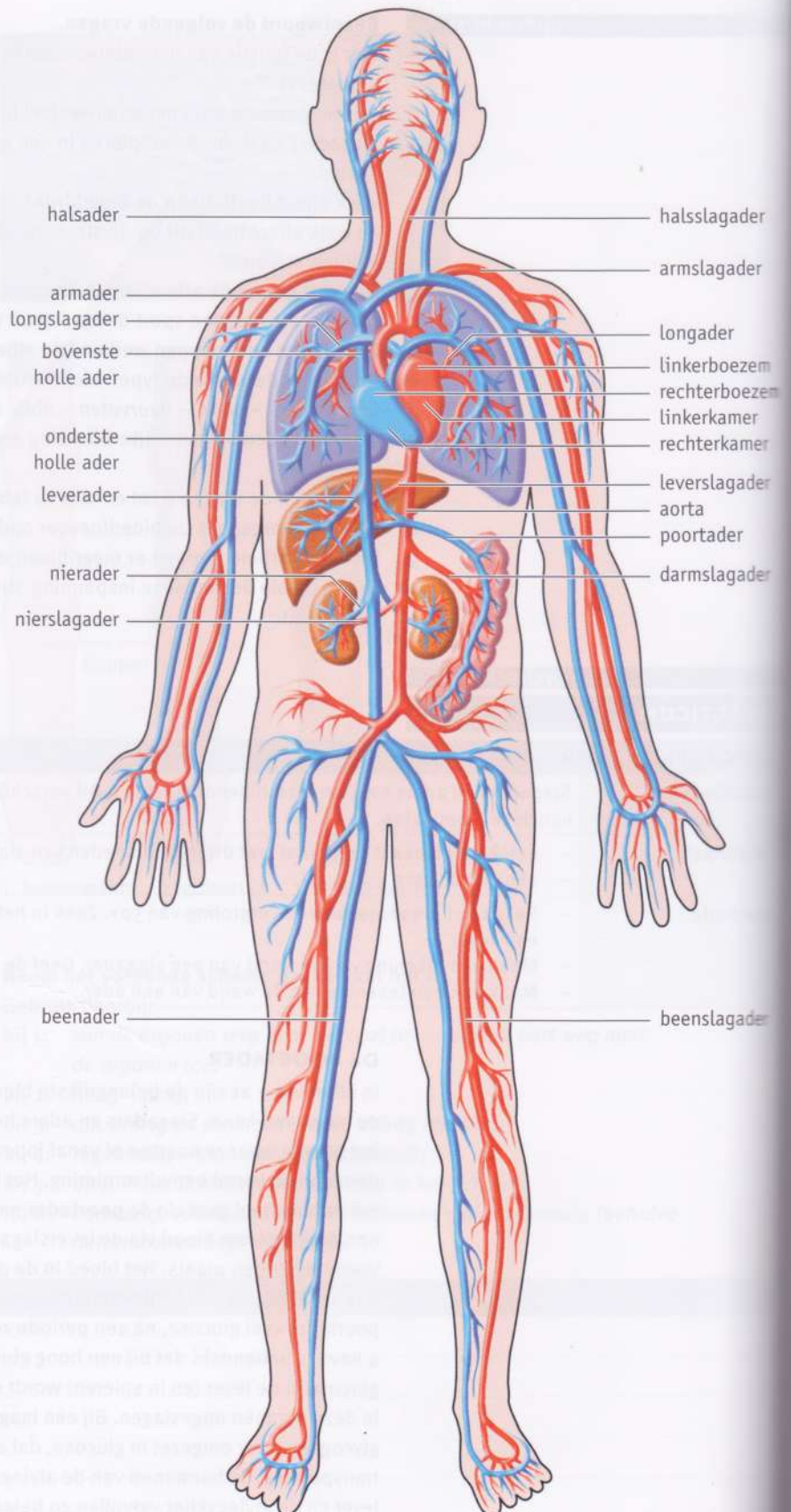
SLAGADER EN ADER

Inleiding	Slagaders en aders hebben verschillende functies. Dit verschil komt tot uiting in de bouw van de wand van deze bloedvaten.
Materiaal	<ul style="list-style-type: none"> – een klaargemaakt preparaat met dwarsdoorsneden van slagader en ader – een microscoop
Methode	<ul style="list-style-type: none"> – Bekijk het preparaat bij een vergroting van 50x. Zoek in het preparaat naar een slagader en een ader. – Maak een tekening van de wand van een slagader. Geef de laag glad spierweefsel aan. – Maak ook een tekening van de wand van een ader.

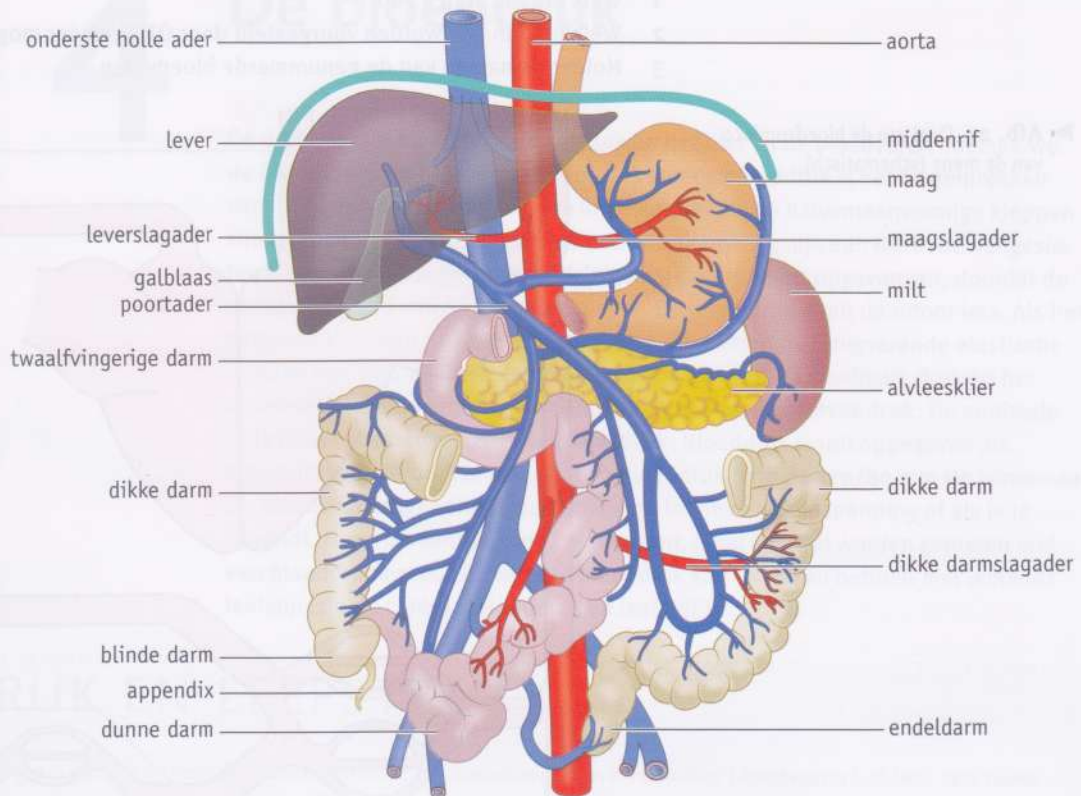
DE POORTADER

In afbeelding 21 zijn de belangrijkste bloedvaten van het bloedvatstelsel van de mens getekend. Slagaders en aders hebben in het algemeen de naam van het orgaan waar ze naartoe of vanaf lopen. De bloedafvoer uit de wand van het darmkanaal vormt een uitzondering. Het bloed uit de wand van een groot deel van het darmkanaal gaat via de **poortader** naar de lever (zie afbeelding 22). Daarnaast ontvangt de lever bloed via de leverslagader. In de darmwand vindt resorptie van voedingsstoffen plaats. Het bloed in de poortader kan hierdoor sterk in samenstelling variëren. Na een koolhydraatrijke maaltijd bijvoorbeeld bevat het bloed in de poortader veel glucose, na een periode zonder maaltijd weinig glucose. In deel 4 havo is behandeld dat bij een hoog glucosegehalte in het bloed het teveel aan glucose in de lever (en in spieren) wordt omgezet in glycogeen. Glycogeen wordt in deze organen opgeslagen. Bij een laag glucosegehalte van het bloed wordt glycogeen weer omgezet in glucose, dat aan het bloed wordt afgegeven. Het bloed transporteert de hormonen van de alvleesklier die deze processen regelen. De lever en de alvleesklier vervullen zo belangrijke functies in het constant houden van de samenstelling van het bloed.

► **Afb. 21** Het bloedvatstelsel bij de mens (schematisch, haarvaten ontbreken).



▼ Afb. 22 De poortader met vertakkingen (de haarvaten zijn weggelaten).



opdracht 13

Beantwoord de volgende vragen.

- De meeste slagaders bevatten zuurstofrijk bloed en de meeste aders zuurstofarm bloed.
Welke slagaders en aders vormen een uitzondering op deze regel?
- Is het bloed in de poortader zuurstofrijk of zuurstofarm?
Leg je antwoord uit.

Wanneer iemand een alcoholhoudende drank drinkt, is korte tijd daarna alcohol in het bloed aan te tonen. Alcohol wordt door enzymen in de lever omgezet, waardoor de alcoholconcentratie in het bloed weer afneemt.

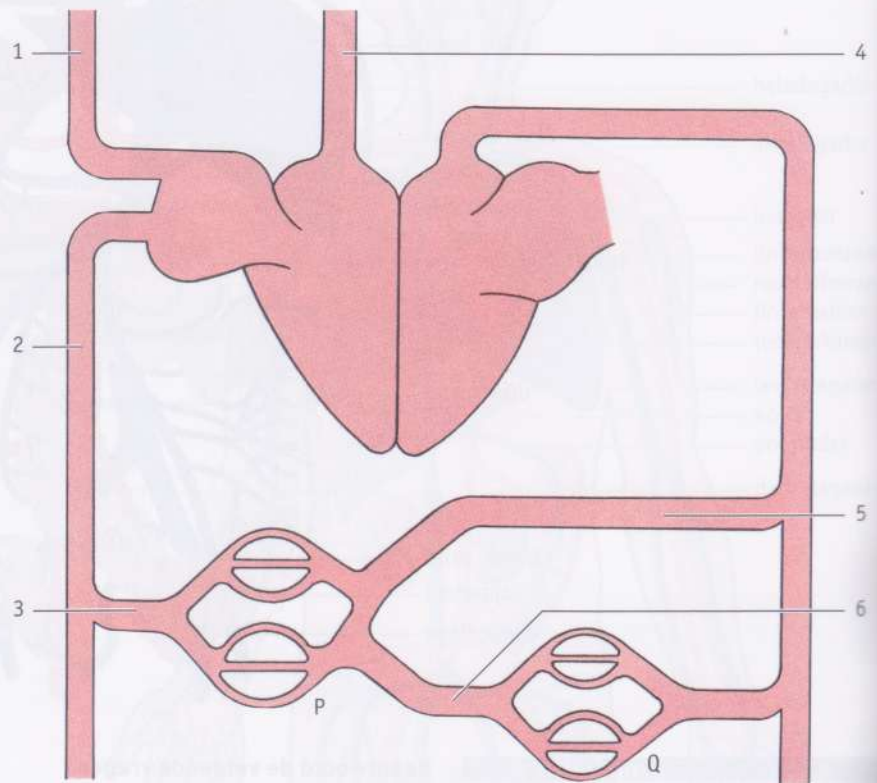
- Alcoholmoleculen kunnen via de wand van de dunne darm in het bloed worden opgenomen.
Via welk bloedvat gaat een alcoholmolecuul van de dunne darm naar de lever?
- Alcoholmoleculen kunnen ook via de longen worden uitgescheiden. Daardoor kun je het vaak ruiken als iemand alcohol heeft gebruikt.
Door welke bloedvaten en hartdelen gaat een alcoholmolecuul dat via de kortste weg van de wand van de dunne darm naar de longen gaat?
- Alcoholmoleculen kunnen al in de mond in het bloed worden opgenomen.
Door welke bloedvaten en hartdelen gaat een alcoholmolecuul dat via de kortste weg van de mond naar de lever gaat?

opdracht 14

Beantwoord de volgende vragen. Gebruik hierbij afbeelding 23.

- 1 Welk orgaan stelt P voor?
- 2 Welk orgaan kan worden voorgesteld door Q? Geef vier mogelijkheden.
- 3 Noteer de namen van de genummerde bloedvaten.

► **Afb. 23** Deel van de bloedsomloop van de mens (schematisch).



- 4 Door de genummerde bloedvaten stroomt per minuut een hoeveelheid bloed die niet gelijk is. Rangschik de bloedvaten 2 tot en met 5, van het bloedvat waar de grootste hoeveelheid bloed doorheen stroomt naar het bloedvat waar de kleinste hoeveelheid bloed doorheen stroomt.
- 5 Het glucosegehalte van het bloed in de genummerde bloedvaten is niet gelijk. In welk van de genummerde bloedvaten kan het glucosegehalte van het bloed het sterkst variëren?
- 6 In welk van de genummerde bloedvaten is het glucosegehalte van het bloed het hoogst na een periode van vasten?
- 7 Als het bloed uit dit bloedvat terechtkomt in de holle ader, is het gemengd met bloed afkomstig uit andere bloedvaten. Hoe verandert daardoor het glucosegehalte van dit bloed?
- 8 Rangschik de bloedvaten 1 tot en met 4, van het bloedvat waarin het bloed het hoogste glucosegehalte bevat naar het bloedvat waarin het bloed het laagste glucosegehalte bevat.

4 De bloeddruk

De druk van het bloed tegen de wand van het hart en de bloedvaten noemen we de **bloeddruk**. De belangrijkste oorzaak van de bloeddruk is het samentrekken van de hartkamers, vooral van de linkerkamer. Als de halvemaanvormige kleppen zijn opgedrukt, is de bloeddruk in de hartkamers gelijk aan die in de aangesloten slagaders. De hoge bloeddruk in de slagaders wordt opgevangen, doordat de elastische wand van de slagaders uitzet. De bloeddruk daalt daardoor iets. Als het samentrekken van de hartkamers is voltooid, nemen de terugverende elastische wanden van de slagaders de pompende kracht over. De maximale druk op het moment dat de kamers zich samentrekken noemen we **bovendruk**. De minimale druk tijdens de hartpauze is de **onderdruk**. Bloeddruk wordt opgegeven als bovendruk/onderdruk in mm Hg. Een bloeddruk rond de 120/80 mm Hg is normaal. De bloeddruk stijgt normaalgesproken bij toenemende inspanning of als je je opwindt. Hoge bloeddruk kun je niet voelen, maar kan wel worden gemeten met een bloeddrukmeter. Een te hoge bloeddruk kan te maken hebben met iemands leefstijl (zie de context 'Bloeddruk en leefstijl').

BLOEDDRUK EN LEEFSTIJL

De bloeddruk is te hoog als deze na meerdere keren meten op verschillende tijdstippen boven de 140/90 mm Hg uitkomt (zie afbeelding 24). Hoge bloeddruk (hypertensie) ontstaat als de wanden van de slagaders onvoldoende meeveren met het samentrekken van de hartkamers. De bovendruk geeft de beste schatting van het risico op hart- en vaatziekten. Hoge bloeddruk kan worden veroorzaakt door stress, roken, overgewicht, vaak zout eten en door aderverkalking, wat vooral bij oudere mensen voorkomt. Ook erfelijke factoren spelen een rol. Een directe oorzaak is meestal niet aan te wijzen.

In thema 4 Voeding is behandeld dat bloedvaten door afzetting van cholesterol nauwer kunnen worden, vooral wanneer iemand veel verzadigde vetzuren eet. In de afzetting kunnen steeds meer vetachtige stoffen zich ophopen en uiteindelijk kan zelfs kalk worden afgezet, waardoor de wanden van de slagaders stijver en minder elastisch worden. Het dichtslibben van een slagader wordt *atherosclerose* (aderverkalking) genoemd. Door het nauwer worden van de bloedvaten stijgt de bloeddruk. Het hart moet een grotere kracht leveren om het bloed door de vernauwde bloedvaten te pompen. Een sterk verkalkte bloedvatwand kan gemakkelijk kapotgaan. Er ontstaat dan een inwendige bloeding. Vindt dit in de hersenen plaats, dan spreken we van een *hersenvloeding* (beroerte). Zelfs als de bloedvaten heel blijven, kunnen zich problemen

voordoen. Sterk verkalkte bloedvaten hebben een ruwe binnenkant, waardoor bloedplaatjes kapot kunnen gaan. Hierdoor kunnen zich gemakkelijk bloedstolsels in de bloedvaten vormen. Als door zo'n bloedstolsel een bloedvat verstopt raakt, spreken we van *trombose*.

Raken een of meer vertakkingen van een kransslagader verstopt, dan krijgt een deel van de hartspier geen zuurstof en voedingsstoffen meer. Dit deel sterft dan af (een *hartinfarct*). Een hartinfarct kan dodelijk zijn als een groot deel van de hartspier afsterft. Maar de meeste hartpatiënten krijgen eerst een 'waarschuwing'. Dan raakt een kleine aftakking van de kransslagader verstopt. Als het hart in goede conditie is, kunnen nieuwe aftakkingen ontstaan (meestal vanaf een ander bloedvat) die de taak overnemen. Hoge bloeddruk kan ook schade aan lever, nieren en ogen veroorzaken. Bij een gezonde leefstijl horen gezonde voeding en voldoende beweging. Hierdoor houd je een gezond gewicht en is de kans op hoge bloeddruk kleiner.



► Afb. 24

opdracht 15

Beantwoord de volgende vragen.

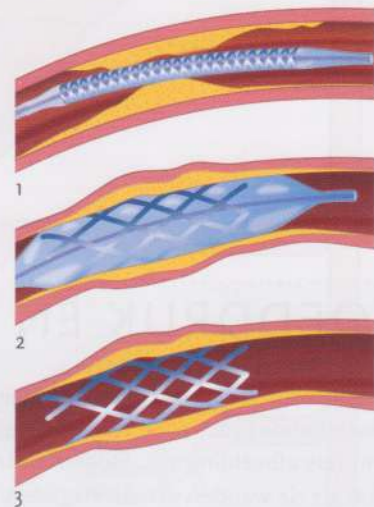
- 1 Wanneer is er sprake van hoge bloeddruk?
- 2 Wat wordt bedoeld met de vicieuze cirkel van hoge bloeddruk en slagaderverkalking?
- 3 Noem vier kenmerken voor een gezonde leefstijl die de kans op hoge bloeddruk verkleinen.
- 4 Atherosclerose wordt ook wel aderverkalking genoemd. Leg uit waarom deze naam eigenlijk onjuist is.
- 5 Veel patiënten die een hersenbloeding hebben gehad, hebben last van een hoge bloeddruk. Leg dit verband uit.
- 6 Hoe komt het dat iemand van een licht hartinfarct kan genezen?

▼ Afb. 25

Dotteren: voor veel mensen een uitkomst

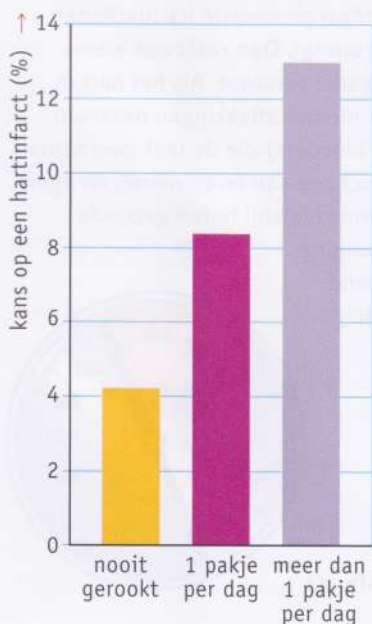
Een dotter- en stentbehandeling is een veelvoorkomende behandeling om ernstige vernauwingen in de kransslagaders op te heffen. Het is niet bij alle vernauwingen nodig om te dotteren. Eerst wordt gekeken of behandeling met medicijnen een optie is. Dit is het minst belastend en brengt de minste risico's met zich mee. Bij vernauwingen van 50 tot 70% overweegt de cardioloog een dotter- en stentbehandeling. Dotteren is een vrij eenvoudige, kostenbesparende en weinig belastende ingreep. Door het dotteren hoeft één op de drie patiënten niet te worden geopereerd.

Bij dotteren schuift de hartspecialist via een sneetje in de lies een slangetje of een buisje door een bloedvat naar het hart van de patiënt (zie tekening 1). Aan het uiteinde van het slangetje zit een ballonnetje. Op de plaats van de vernauwing in de kransslagader wordt het ballonnetje opgepompt (zie tekening 2). De vernauwing wordt dan als het ware weggedrukt. In de meeste gevallen plaatst de cardioloog ook een stent (zie tekening 3). Een stent is een soort balpenveertje van metaal. De stent geeft de vaatwand extra ondersteuning en voorkomt dat het bloedvat na het dotteren weer terugveert. Dotteren kan ook bij vernauwingen in andere bloedvaten worden toegepast.



opdracht 16

Beantwoord de volgende vragen. Gebruik hierbij afbeelding 25.



- 1 Met welk doel wordt een hartpatiënt gedotterd?
- 2 Wat doet een hartspecialist bij het dotteren?
- 3 In de tekst staat dat de arts het slangetje via een sneetje in de lies naar het hart schuift. Bereikt het slangetje de kransslagader via de aorta of via de onderste holle ader? Leg je antwoord uit.
- 4 In het diagram van afbeelding 26 is de gemiddelde kans op een hartinfarct in relatie tot roken weergegeven. Hoe groot is gemiddeld de kans dat iemand die nooit heeft gerookt een hartinfarct krijgt?
- 5 Iemand rookt een pakje sigaretten per dag. Hoeveel keer zo groot is dan de kans op een hartinfarct in vergelijking met iemand die niet rookt?

◀ Afb. 26

METING VAN DE BLOEDDRUK

Een arts meet de bloeddruk meestal bij de slagader van de linkerarm. In een manchet om de bovenarm wordt lucht gepompt (zie afbeelding 27.1). Hierdoor wordt de armslagader dichtgedrukt. De arts controleert met een stethoscoop of er geen bloed meer door de armslagader stroomt. De druk in de manchet is dan hoger dan de hoogste waarde van de bloeddruk in de armslagader (de toppen in de grafiek van afbeelding 29). Hierna laat de arts de lucht uit de manchet langzaam ontsnappen. Op een gegeven moment is de druk in de manchet zo ver gedaald, dat bij iedere samentrekking van de hartkamers de bloeddruk in de armslagader net iets groter wordt dan de druk in de manchet. De armslagader wordt dan bij iedere samentrekking van de hartkamers heel even opengedrukt en laat een klein beetje bloed door. Dit is met een stethoscoop als een stootsgewijs schavend geluid te horen: het **vaatgeruis**. De arts leest dan de **bovendruk** af. Vervolgens laat de arts meer lucht uit de manchet ontsnappen. Op een gegeven moment is de druk in de manchet kleiner geworden dan de laagste waarde van de bloeddruk in de armslagader (de dalen in de grafiek van afbeelding 29). Vanaf dat moment stroomt het bloed onafgebroken door de armslagader en is met de stethoscoop geen vaatgeruis meer te horen. De arts leest dan de **onderdruk** af. Artsen geven de bloeddruk meestal in mm kwikdruk weer.

De bloeddruk varieert gedurende de dag. Bij lichamelijke inspanning of bij stress kan de bovendruk hoger zijn. De bloeddrukmeting is een momentopname. Om een goede indruk te krijgen van de bloeddruk is het belangrijk om meerdere keren en op verschillende momenten te meten. Bij veel mensen stijgt de bloeddruk met de leeftijd.

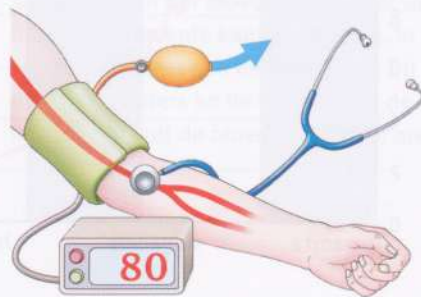
► Afb. 27 Meting van de bloeddruk (in mmHg).



1 de manchet wordt opgepompt tot een druk die hoger is dan de hoogste bloeddruk in de armslagader



2 er is lucht ontsnapt uit de manchet tot de armslagader bij iedere hartslag een klein beetje bloed begint door te laten: de arts leest de bovendruk af



3 er is zoveel lucht ontsnapt dat de bloedstroom door de armslagader gelijkmatig verloopt: de arts leest de onderdruk af



4 digitale polsbloeddrukmeter

opdracht 17

Beantwoord de volgende vragen.

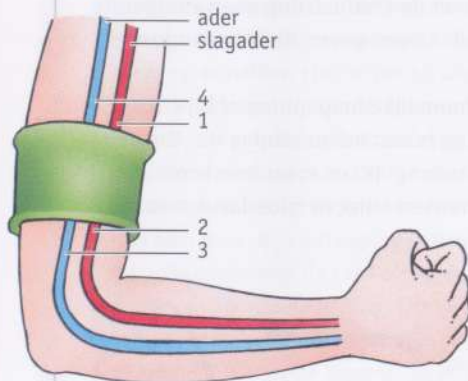
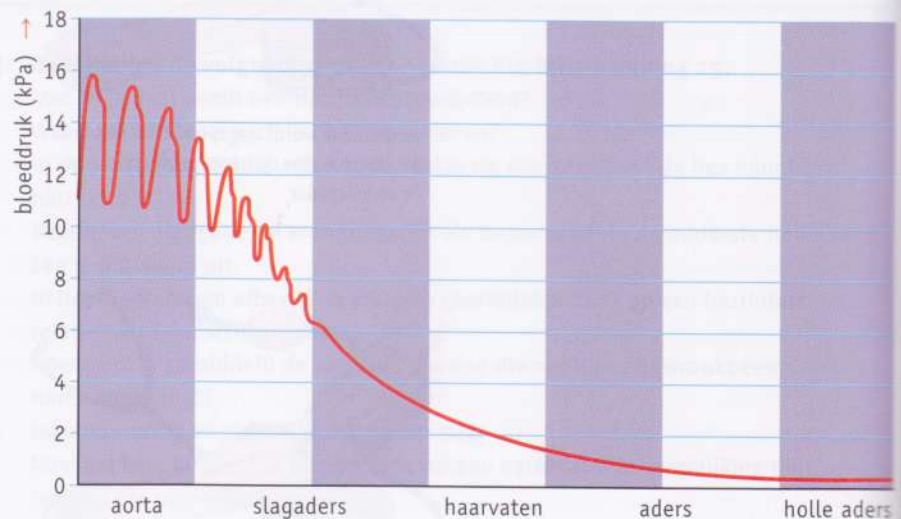
- 1 Is de bloeddruk in de longslagader lager dan, gelijk aan of hoger dan de bloeddruk in de aorta? Leg je antwoord uit.
- 2 Welke invloed hebben de volgende veranderingen op de bloeddruk?
 - 1 Plotseling bloedverlies bij een verwonding.
 - 2 De vernauwing van slagaders in een groot deel van het lichaam.
 - 3 De versnelling van het hartritme.
 - 4 Een stijging van de osmotische waarde van het bloedplasma.
- 3 Leg uit welk belang het heeft dat de zintuigcellen voor de bloeddruk juist in de halsslagaders liggen.
- 4 Leg uit hoe het komt dat je aan de bloedvaten in je polsen wel je hartritme kunt voelen en aan de meeste andere bloedvaten in je armen niet.
- 5 Hoe hoog is de gemeten bovendruk in afbeelding 27? En hoe hoog is de onderdruk?
- 6 Een arts verricht een bloeddrukmeting bij een persoon. De arts heeft de manchet om de bovenarm aangebracht en opgepompt. De arts is nog niet begonnen met de manchet geleidelijk leeg te laten lopen.

Is er op dit moment bij de arm waaraan de bloeddrukmeting wordt verricht een polsslag te voelen?
- 7 Op welk van de aangegeven plaatsen in afbeelding 28 zal de bloeddruk op dit moment het laagst zijn? Leg je antwoord uit.
- 8 Vervolgens laat de arts de manchet geleidelijk leeglopen.

Op welk van de aangegeven plaatsen zal hierdoor het eerst de bloeddruk stijgen? Leg je antwoord uit.
- 9 Op welk van de aangegeven plaatsen zal de arts vaatgeruis kunnen horen?
- 10 De bloeddruk kan worden gemeten met een manchet of met een polsbloeddrukmeter (zie afbeelding 27).

Welke meetmethode heeft de hoogste validiteit? Licht je antwoord toe.

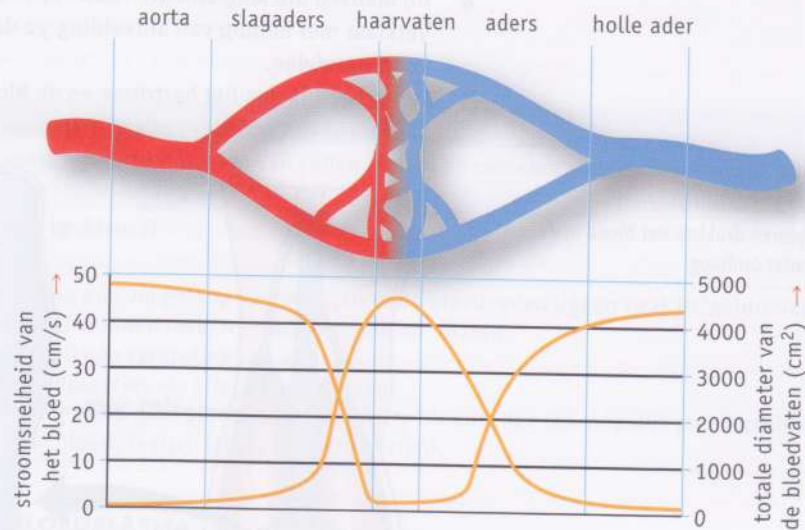
▼ Afb. 28

▼ Afb. 29 De bloeddruk in verschillende typen bloedvaten (10 kPa \approx 75 mmHg).

VARIATIE IN BLOEDDRUK EN STROOMSNELHEID

In afbeelding 29 is te zien dat onder invloed van de hartslagen, de bloeddruk in een slagader sterk op en neer gaat. De toppen van de grafiek geven de bloeddruk weer tijdens de systole van de hartkamers; de dalen geven de bloeddruk weer tijdens de diastole van de hartkamers. De stroomsnelheid van het bloed in een slagader gaat ook op en neer. Tijdens het stromen van het bloed van slagaders via haarvaten naar aders, neemt de bloeddruk voortdurend af. De stroomsnelheid van het bloed varieert (zie afbeelding 30).

- **Afb. 30** Het verband tussen de stroomsnelheid van het bloed en de totale diameter bij verschillende typen bloedvaten.



- ▼ **Afb. 31** Stimulering van de bloedstroom in de aders door een naastgelegen slagader.



In de haarvaten is de stroomsnelheid van het bloed het laagst. Dat komt doordat de totale diameter van alle haarvaten samen groter is dan die van de aanvoerende slagaders of die van de afvoerende aders. Door de lage stroomsnelheid van het bloed in de haarvaten wordt een goede uitwisseling van stoffen tussen het bloed en de omringende cellen mogelijk gemaakt.

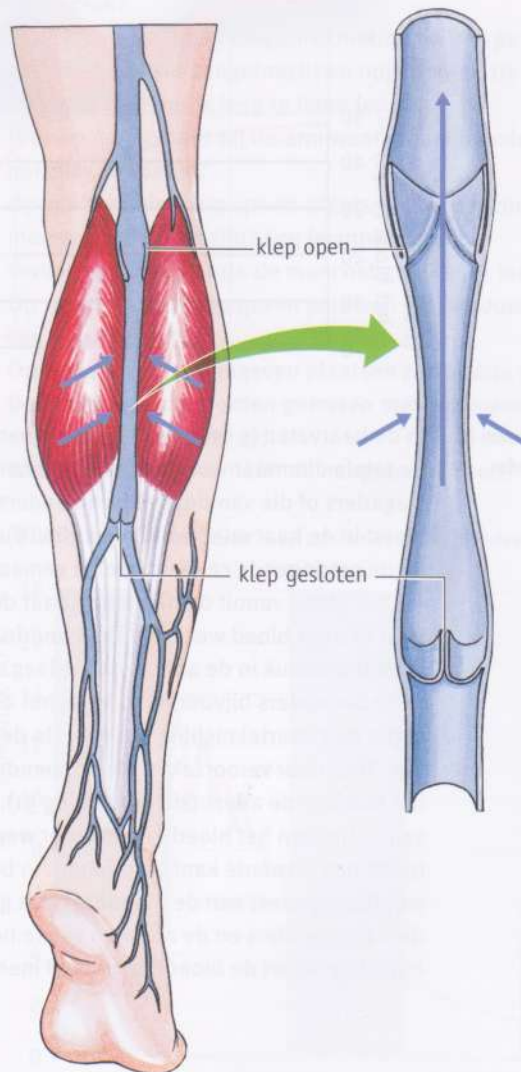
Als het bloed vanuit de haarvaten naar de aders stroomt, neemt de stroomsnelheid van het bloed weer toe. De bloeddruk neemt verder af. In de armen en benen is de bloeddruk in de aders vaak te laag om de bloedstroom op gang te houden. In de beenaders bijvoorbeeld moet het bloed meestal over een grote afstand tegen de zwaartekracht in stromen. In de benen liggen de aders tegen slagaders aan. Daardoor veroorzaken de kloppende slagaders een stootgewijze druk op het bloed in de aders (zie afbeelding 31). Verder kunnen beenspieren die zich samentrekken het bloed uit een ader wegdrücken. De kleppen voorkomen dat het bloed de verkeerde kant op stroomt. In basisstof 2 is behandeld dat het hartritme wordt aangepast aan de bloeddruk. Dit gebeurt via zintuigcellen in de wand van de halsslagaders en de aorta en via de hersenstam. Door aanpassing van het hartritme wordt de bloeddruk min of meer constant gehouden.

opdracht 18

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Uit de grafiek in afbeelding 29 blijkt dat de bloeddruk gemiddeld afneemt van slagaders, haarvaten naar aders. Verklaar dat dit drukverloop noodzakelijk is voor de bloedstroming.
- 2 In afbeelding 30 zijn twee grafieken getekend, A en B. Welke grafiek geeft het verloop van de gemiddelde stroomsnelheid weer?
- 3 De stroomsnelheid van het bloed in de haarvaten is laag. Leg uit dat dit functioneel is.
- 4 Bij mensen die lang stilzitten kan vochtophoping plaatsvinden rond de enkels. Verklaar met behulp van afbeelding 32 dat dit weefselvocht vaak verdwijnt door te gaan wandelen.
- 5 Is de regeling van het hartritme en de bloeddruk via zintuigcellen (sensoren) een voorbeeld van positieve of van negatieve terugkoppeling? Verklaar je antwoord.

► **Afb. 32** Samentrekkende kuitspiers drukken het bloed in de beenader omhoog.



5 Het bloed

Een volwassen mens heeft 5 à 6 L bloed. Het bloed bestaat uit een vloeistof (**bloedplasma**), waarin zich vaste bestanddelen bevinden (**rode en witte bloedcellen en bloedplaatjes**).

opdracht 19

PRACTICUM

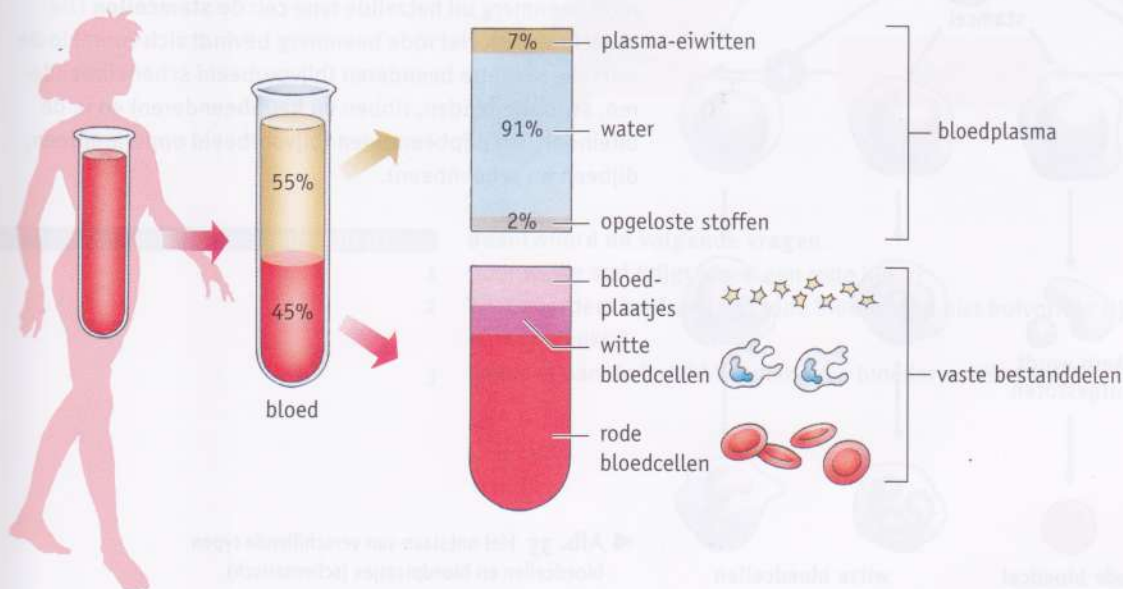
BLOEDCELLEN

Inleiding	Bloed bestaat uit plasma en cellen en delen van cellen. Cellen en celdelen zijn herkenbaar aan hun vorm en de dichtheid.
Materiaal	<ul style="list-style-type: none"> – preparaat van bloed (gekleurd) – een microscoop
Methode	<ul style="list-style-type: none"> – Bekijk het preparaat bij een vergroting van 100×. De rode bloedcellen liggen vaak in 'geldrolletjes'. Bij de witte bloedcellen kunnen de kernen er verschillend uitzien. – Bekijk het preparaat bij een vergroting van 400×. Soms kun je ook bloedplaatjes als stippen zien liggen. – Maak tekeningen van enkele rode bloedcellen, van witte bloedcellen (zo mogelijk met verschillende typen kernen) en van bloedplaatjes (als je die hebt gezien).

BLOEDPLASMA

In afbeelding 33 is de gemiddelde samenstelling van het bloed van de mens weergegeven. Je ziet dat ongeveer 55% van het bloed uit **bloedplasma** bestaat. Bloedplasma bestaat uit water met opgeloste stoffen en plasma-eiwitten. Bloedplasma vervoert vele stoffen, zoals **zuurstof**, **voedingsstoffen** (onder andere aminozuren, glucose, vetten, vetzuren, glycerol, zouten en vitaminen), **afvalstoffen** (onder andere koolstofdioxide, melkzuur en ureum), **regelende stoffen** (onder andere enzymen en hormonen) en **beschermende stoffen** (onder andere antistoffen). Als je **geneesmiddelen** gebruikt, worden die ook door het bloedplasma vervoerd. Sommige van deze stoffen lossen goed op in het bloedplasma. Op

▼ Afb. 33



deze manier worden bijvoorbeeld glucose, melkzuur en ureum vervoerd. Andere stoffen (onder andere vetten) worden gebonden aan bepaalde eiwitten in het bloedplasma.

Plasma-eiwitten spelen ook een belangrijke rol bij de handhaving van de osmotische waarde van het bloed en van de bloeddruk. Het plasma-eiwit **fibrinogeen** vervult een functie bij de bloedstolling.

Bloedplasma speelt een rol bij het constant houden van het interne milieu. Bloedplasma heeft een vrij constante temperatuur van ongeveer 38 °C, een pH van ongeveer 7,4 en een osmotische waarde die gelijk is aan die van een 0,9% NaCl-oplossing. Bij het toedienen van een **infuus** is het belangrijk dat de toegediende oplossing deze osmotische waarde heeft. We noemen een zoutoplossing met een osmotische waarde gelijk aan 0,9% NaCl een **fysiologische zoutoplossing**.

opdracht 20

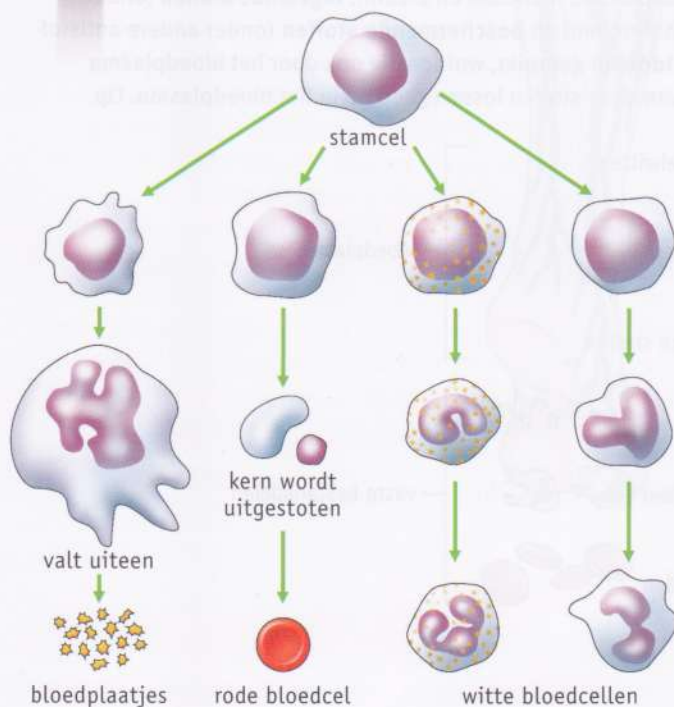
Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Noem vijf (groepen) stoffen die door bloedplasma worden vervoerd.
- 2 Vetten zijn niet oplosbaar in water. Op welke manier kan het bloed toch vetten vervoeren?
- 3 Welke vaste bestanddelen komen in bloed het talrijkst voor? En welke het minst talrijk?
- 4 Als een stukje weefsel buiten het lichaam wordt gebracht voor nader onderzoek, wordt dit weefsel meestal in een zoutoplossing gedompeld. Welke osmotische waarde heeft deze zoutoplossing?

Afbeelding 34 is een foto van een reageerbuis met bloed. Dit bloed is onstolbaar gemaakt en heeft enkele dagen gestaan. Het onderste deel van het bloed in de buis is rood gekleurd, het bovenste deel lichtgeel.

- 5 Welk bestanddeel van bloed bevindt zich boven in de reageerbuis?
- 6 En welke bestanddelen bevinden zich onderin? Leg uit hoe het komt dat deze bestanddelen naar beneden zakken.

▼ Afb. 34



BLOEDCELLEN

Rode en witte bloedcellen en bloedplaatjes ontstaan in het rode beenmerg uit hetzelfde type cel: de **stamcellen** (zie afbeelding 35). Het rode beenmerg bevindt zich vooral in de wervels, in platte beenderen (bijvoorbeeld schedelbeenderen, schouderbladen, ribben en heupbeenderen) en in de uiteinden van pijpbeenderen (bijvoorbeeld opperarmbeen, dijbeen en scheenbeen).

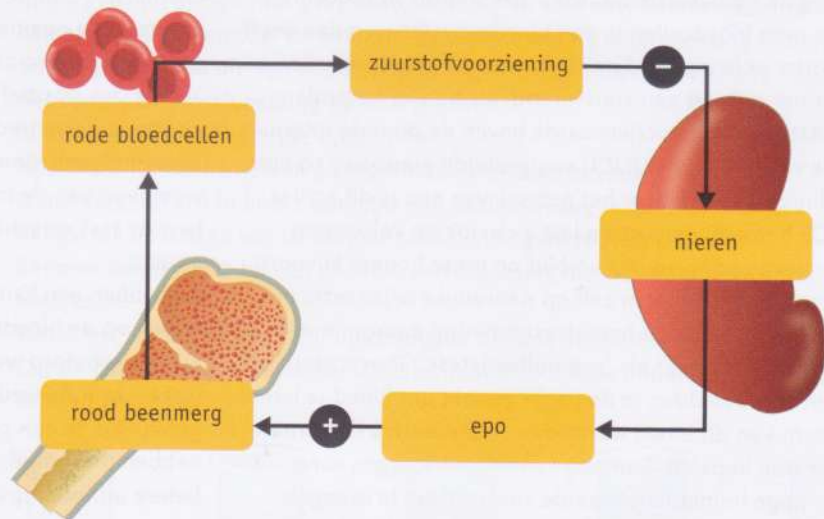
◀ Afb. 35 Het ontstaan van verschillende typen bloedcellen en bloedplaatjes (schematisch).

▼ Afb. 36 Rode bloedcellen.

**RODE BLOEDCELLEN**

Rode bloedcellen (erythrocyten) hebben de vorm van kleine ronde schijfjes, die in het midden dunner zijn dan aan de rand (zie afbeelding 36). Ze hebben geen celkern. Ze leven daardoor betrekkelijk kort: gemiddeld slechts vier maanden. Voortdurend worden in het rode beenmerg uit de stamcellen nieuwe rode bloedcellen gevormd (ongeveer 2 miljoen per seconde). Dode rode bloedcellen worden afgebroken in het rode beenmerg, in de milt en in de lever. Het ijzer dat bij de afbraak vrijkomt, wordt weer benut bij de aanmaak van nieuwe rode bloedcellen. Rode bloedcellen bevatten **hemoglobine**, die de rode kleur aan het bloed geeft. Hemoglobine speelt een rol bij het transport van zuurstof en koolstofdioxide. In thema 6 Gaswisseling en uitscheiding wordt uitgebreid ingegaan op het transport van zuurstof en koolstofdioxide. Hemoglobine bevat ijzeratomen. Bij **bloedarmoede (anemie)** bevat het bloed niet voldoende hemoglobine. De oorzaak kan zijn dat het lichaam te weinig ijzer met het voedsel binnenkrijgt. Een arts kan dan 'staalpillen' voorschrijven. De productie van rode bloedcellen wordt geregeld via een terugkoppelingsmechanisme. Hierbij spelen de zuurstofvoorziening van de nieren en het hormoon **epo (erythropoëetine)** een rol. Door verschillende oorzaken (bijvoorbeeld bloedverlies of een longziekte) kunnen de nieren onvoldoende zuurstof krijgen aangevoerd. De nieren reageren hierop door epo te produceren. Dit hormoon stimuleert in het rode beenmerg de productie van rode bloedcellen. Als de zuurstofvoorziening van de nieren hierdoor weer is toegenomen tot het normale niveau, wordt de productie van epo geremd (zie afbeelding 37).

► Afb. 37 Regeling van de productie van rode bloedcellen.

**opdracht 21****Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Door welke stof krijgt bloed een rode kleur?
- 2 Welk voordeel heeft het dat rode bloedcellen niet bolvormig zijn, maar afgeplat en 'ingedeukt'?
- 3 Wat is er aan de hand bij iemand die bloedarmoede heeft?

DE STRIJD TEGEN EPO-DOPING

Epo werd ontwikkeld als geneesmiddel voor nier(dialyse)-patiënten die last krijgen van bloedarmoede. Bij deze patiënten is de aanmaak van het natuurlijke hormoon erythropoëtine (epo) verstoord, waardoor er te weinig nieuwe rode bloedcellen worden geproduceerd en verschijnselen van bloedarmoede optreden. Met behulp van DNA-recombinantietechnieken is het mogelijk het natuurlijke hormoon na te maken.

Hematocrietwaarde

Topsporters – met name wielrenners – maakten daar dankbaar gebruik van. Je neemt wat epo, je krijgt meer rode bloedcellen en je spieren krijgen meer zuurstof, is de achterliggende gedachte. Aan de dopingbestrijders de taak om misbruik van epo aan te tonen. Dat blijkt bijzonder moeilijk. Het geneesmiddel epo lijkt als twee druppels water op het echte hormoon. Een bijkomend probleem is dat toegediend epo weer snel uit het bloed verdwijnt: om de negen uur halveert de concentratie. Een sporter is dus al snel weer 'schoon'. Het maximale effect van de toediening treedt echter pas negen dagen later op. Dan heeft het bloed de hoogste hematocrietwaarde – het volume in procenten van de rode bloedcellen in een bloedmonster – en dan heeft de sporter er in zijn wedstrijd het meeste profijt van. Een wielrenner riskeert een startverbod, als bij een controle blijkt dat zijn hematocrietwaarde boven de door de internationale wielervederatie (UCI) vastgestelde grens van 50 ligt. Een sluitend bewijs voor het gebruik van epo is dit echter niet. De hematocrietwaarde laat zich ook op volkomen legale wijze opdrijven. Na verblijf op grote hoogte bijvoorbeeld maakt het lichaam zelf op natuurlijke wijze extra epo aan. De UCI voerde de hematocrietmeting daarom niet uit als 'dopingtest' maar als 'gezondheidstest'. Topsporters worden soms midden in de nacht gewekt om bloed te laten afnemen. Van dit bloed wordt dan onder andere de hematocrietwaarde bepaald. Sommige wielrenners zagen kans hun te hoge hematocrietwaarde snel omlaag te brengen. Terwijl de controleurs aan de praat werden gehouden,

dienden ze zichzelf in een bloedvat een injectie toe met een zoutoplossing met een hogere osmotische waarde dan het bloedplasma. Voor de gezondheid van de renners is dit zeer riskant.

Testen

Australische onderzoekers ontwikkelden een test met behulp van 27 sporters die 25 dagen achtereen epo of een placebo spotten. Een placebo is een nepmiddel. Daarna werden ze nog vier weken gevolgd. Om de paar dagen werd bloed afgenomen om te kijken of dopinggebruik aantoonbaar was. Een paar dagen na het laatste spuitje is epo niet meer aantoonbaar. Het betere uithoudingsvermogen was nog zeker drie weken duidelijk merkbaar. Zowel tijdens de periode waarin epo werd gespoten als in de weken erna, vonden de onderzoekers een combinatie van waarden in het bloed die epo-gebruik verradt. Af en toe werd een proefpersoon ten onrechte als voormalig epo-gebruiker aangemerkt. Die vals-positieve uitslag ontstond bijvoorbeeld een dag na een opgelopen forse knieblessure.

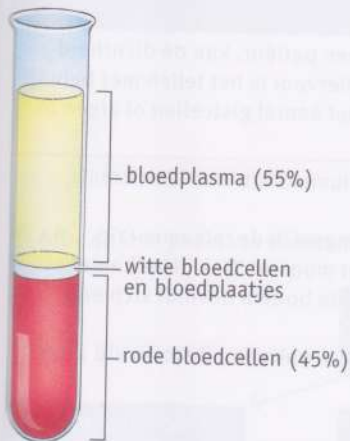
Het zijn deze vals-positieve uitslagen die het Internationaal Olympisch Comité (IOC) tot voorzichtigheid nopen. Van de sporters die positief uit de bloedtest komen, wordt vervolgens de urine op aanwezigheid van epo onderzocht. Pas als die ook positief uitvalt, beschouwt de IOC de geteste sporter als overtreder en volgt een schorsing.

De urinetest is door Fransen ontwikkeld en kan lichaamseigen epo van de medische epo onderscheiden. Vooral die tweede test verschaft goed plannende epo-sputers een vrije aftocht.

Ze hebben een kans van ongeveer 70% om positief te testen op de bloedtest die meteen na aankomst in het Olympisch dorp wordt uitgevoerd (dus hoogstens twee weken voor de wedstrijd). De urinetest doorstaan ze met gemak als ze een paar dagen voor aankomst hun epo-kuur hebben beëindigd. Ze profiteren dan nog volop van het betere uithoudingsvermogen.

opdracht 22

▼ Afb. 38



Beantwoord de volgende vragen.

Gebruik daarbij de context 'De strijd tegen epo-doping'.

- 1 Welke gevolgen heeft toediening van epo voor de hematocrietwaarde?
- 2 Is een hoge hematocrietwaarde een bewijs dat iemand epo heeft toegediend gekregen? Leg je antwoord uit.
- 3 Leg uit dat epo vooral wordt gebruikt door duursporters (bijvoorbeeld wielrenners) en niet door sprinters.
- 4 Door een buisje met bloed te centrifugeren, kun je de rode bloedcellen scheiden van de witte bloedcellen en de bloedplaatjes (zie afbeelding 38). Welke bestanddelen van het bloed hebben de hoogste dichtheid? Leg je antwoord uit.
- 5 Wat wordt bedoeld met een 'hematocrietwaarde van 50'?
- 6 Welk gezondheidsrisico bestaat als een renner met een hematocrietwaarde van hoger dan 50 meedoet aan een wedstrijd?
- 7 Op welke twee manieren kan epo-gebruik worden aangetoond?
- 8 Waarom pleit men voor meer onaangekondigde dopingtests?
- 9 Formuleer de onderzoeksvraag van de Australische onderzoekers en die van de Franse onderzoekers.

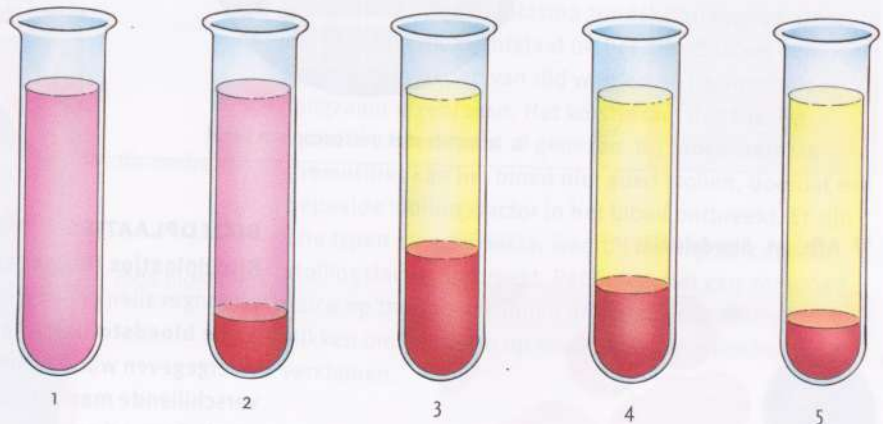
opdracht 23

Beantwoord de volgende vragen.

Als bloed in gedestilleerd water wordt gebracht, 'barsten' de rode bloedcellen open en komt er hemoglobine vrij in het bloedplasma. Dit wordt *hemolyse* genoemd. In een proef werd in vijf reageerbuizen telkens 4 mL onstolbaar gemaakt bloed gedaan, samen met 4 mL zoutoplossing. In elke buis heeft de zoutoplossing een andere concentratie. De osmotische waarde van de zoutoplossing is alleen in buisje 3 gelijk aan die van het bloedplasma. De buizen bleven enige tijd staan. Het resultaat is in afbeelding 39 weergegeven.

- 1 In welke buizen is hemolyse opgetreden?
- 2 Hoe komt het dat de buizen 4 en 5 minder bezinksel bevatten dan buis 3?
- 3 Is het mogelijk om in buis 1 opnieuw een bezinksel te laten ontstaan?
- 4 Rangschik de buizen van de laagste naar de hoogste zoutconcentratie.
- 5 Renners kunnen zich bij een controle een oplossing met hoge zoutconcentratie toedienen. Wat is het effect van deze zoutoplossing op de rode bloedcellen van de renner?
- 6 Leg uit dat op deze wijze de hematocrietwaarde in enkele minuten omlaag kan worden gebracht.

► Afb. 39



▼ Afb. 40

BIOLOGISCHE TECHNIËK

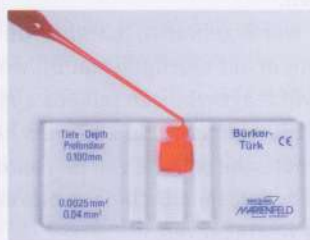
DE DICHTHEID VAN BLOEDCELLEN BEPALEN

Doel Als onderdeel van het stellen van een diagnose bij het ziektebeeld van een patiënt, kan de dichtheid van het aantal rode of witte bloedcellen worden bepaald. Een methode hiervoor is het tellen met behulp van een telkamer. Deze werkwijze wordt ook gebruikt bij het tellen van het aantal gistcellen of algen in een cultuur of voor het bepalen van de dichtheid van zaadcellen.

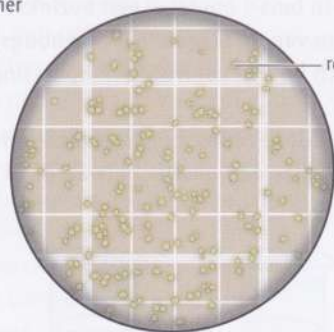
Methode

- Verdun 1 mL bloed 200× met een isotonische zoutoplossing met natriumcitraat. Natriumcitraat voorkomt stolling.
- Breng met een druppelpipet een monster van het verdunde bloedmengsel in de telkamer (zie afbeelding 40.1). Zorg voor een goede menging bij het nemen van het monster. Dek de telkamer af met een speciaal dekglas. De telkamer is precies 0,100 mm diep. Op de bodem bevindt zich een raster met bekende afmetingen (zie afbeelding 40.2).
- Plaats de telkamer onder een microscoop en tel het aantal cellen in een vak van bijvoorbeeld 1 mm².
- Het aantal cellen per milliliter wordt dan berekend met de formule:

$$\frac{\text{aantal getelde cellen}}{\text{oppervlak} \times \text{hoogte (= volume in mm}^3\text{)}} \times 200 \text{ (= verdunningsfactor)} \times 1000 \text{ (in cm}^3\text{)}$$

Resultaat

1 aanbrengen van een monster in de telkamer



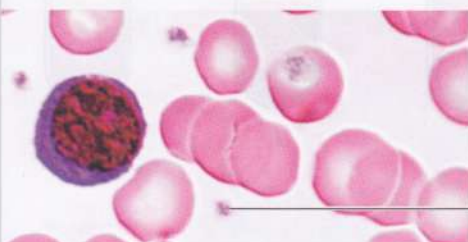
2 telkamer met microscopisch beeld

zijaanzicht dekglas
0,100 mm hoogte

bovenaanzicht 0,100 mm
0,0025 mm²

raster
0,2 mm
1,0 mm

▼ Afb. 41 Bloedplaatjes.



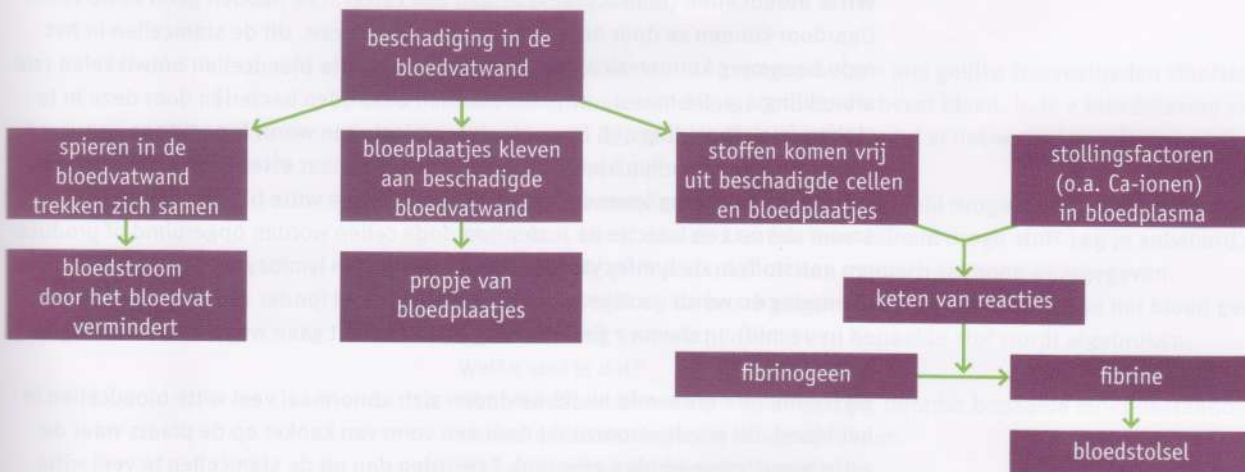
bloedplaatje

BLOEDPLAATJES

Bloedplaatjes (trombocyten) zijn geen cellen, maar delen van uiteengevallen cellen (zie afbeelding 41). Ze vervullen een functie bij de **bloedstolling (bloedstremming)**. In afbeelding 42 is weergegeven wat er gebeurt als een bloedvat stuk is gegaan. Op verschillende manieren wordt het bloedverlies tegengegaan en wordt de wond zo snel mogelijk gedicht. Spieren in de wand van het bloedvat trekken zich samen, waardoor het bloedvat nauwer wordt. Hierdoor stroomt er minder bloed door het beschadigde bloedvat.

Bloedplaatjes blijven intact als de binnenwand van de bloedvaten glad is. Maar aan een beschadigde bloedvatwand blijven bloedplaatjes vastkleven. Hierdoor ontstaat een propje van bloedplaatjes op de plaats van de wond. De bloedplaatjes gaan te gronde, waarbij stoffen uit de bloedplaatjes vrijkomen. Uit de beschadigde cellen van de bloedvatwand komen ook stoffen vrij. In beide gevallen brengen de vrijkomende stoffen een keten van reacties op gang. Hierbij zijn ook stoffen in het bloedplasma betrokken: fibrinogeen en **stollingsfactoren** (onder andere calcium-ionen). Veel stollingsfactoren worden in de lever gevormd. Hierbij is meestal vitamine K nodig.

▼ Afb. 42 Het proces van bloedstolling.



De keten van reacties leidt er uiteindelijk toe dat fibrinogeen uit het bloedplasma wordt omgezet in **fibrine**. Fibrine vormt een netwerk van draden, waartussen de bloedcellen blijven hangen. Een bloedstolsel begint zich te vormen (zie afbeelding 43). Aan dit beginnende bloedstolsel blijven steeds meer bloedplaatjes kleven. Deze bloedplaatjes gaan ook te gronde, waardoor de stoffen uit de bloedplaatjes blijven vrijkomen. Het proces van bloedstolling blijft doorgaan tot het bloedstolsel de wond geheel afsluit. Als het bloedstolsel is gevormd, trekken de fibrinedraden zich samen, waardoor de randen van de wond naar elkaar toe worden getrokken. Uit het stolsel wordt een vloeistof geperst: het **bloedserum**.

▼ Afb. 43 Bloedstolsel.

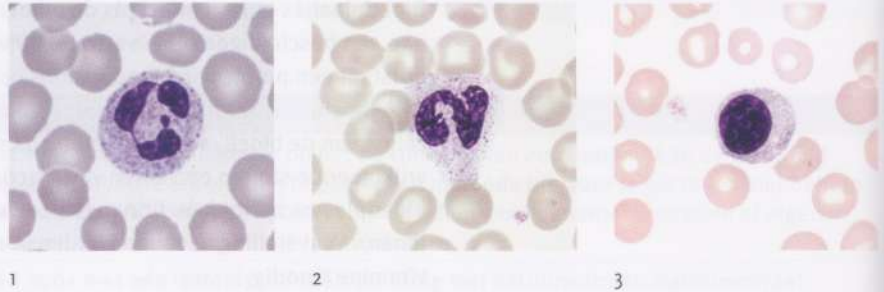


fibrinedraad

rode bloedcel

Bloedserum is bloedplasma zonder fibrinogeen. Door verdere indroging ontstaat uit het bloedstolsel een korstje. Na verloop van tijd worden de fibrinedraden langzaam afgebroken. Het korstje laat dan los. De wond is ondertussen al genezen. Bij **bloederziekte (hemofilie)** kan het bloed niet goed stollen, doordat een bepaalde stollingsfactor in het bloed ontbreekt. Er zijn drie typen bloederziekte, waarbij telkens een andere stollingsfactor ontbreekt. Patiënten met een verhoogd risico op trombose kunnen antistollingsmiddelen slikken om het risico op vaatverstopping (embolie) te verkleinen.

- **Afb. 44** Verschillende typen witte bloedcellen (vergroting 400x).

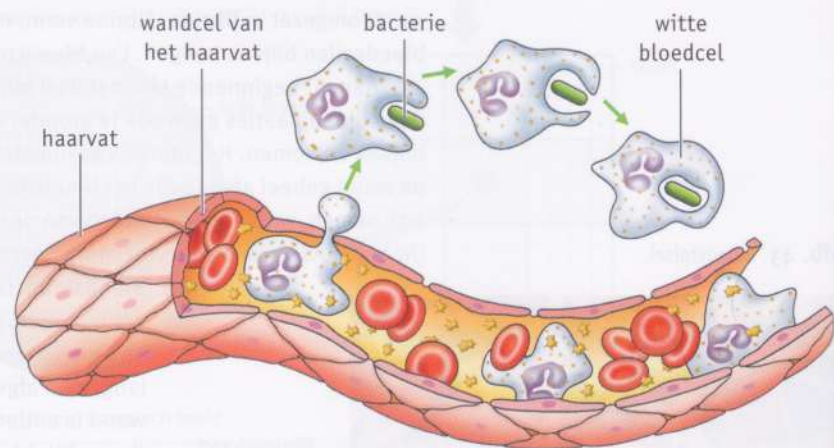


WITTE BLOEDCELLEN

Witte bloedcellen (leukocyten) hebben een celkern. Ze hebben geen vaste vorm. Daardoor kunnen ze door de wand van haarvaten heen. Uit de stamcellen in het rode beenmerg kunnen zich verschillende typen witte bloedcellen ontwikkelen (zie afbeelding 44). De meeste witte bloedcellen bestrijden bacteriën door deze in te sluiten (zie afbeelding 45). Deze manier van insluiten wordt **fagocytose** genoemd. Als de witte bloedcellen hierbij zelf doodgaan, ontstaat **etter** of **pus**. Daarin komen vrijwel altijd ook nog levende bacteriën voor. Andere witte bloedcellen zorgen ervoor dat na een infectie de resten van dode cellen worden opgeruimd of produceren antistoffen: de **lymfocyten**. De ontwikkeling van lymfocyten begint in het rode beenmerg en wordt voortgezet in lymfatisch weefsel (onder andere in lymfeknopen en in de milt). In thema 7 Bescherming en evenwicht gaan we in op de werking van antistoffen.

Bij iemand die **leukemie** heeft, bevinden zich abnormaal veel witte bloedcellen in het bloed. Dit wordt veroorzaakt door een vorm van kanker op de plaats waar de witte bloedcellen worden gevormd. Er worden dan uit de stamcellen te veel witte bloedcellen gevormd en te weinig rode bloedcellen en bloedplaatjes.

- **Afb. 45** Fagocyterende witte bloedcel buiten een haarvat (schematisch).



opdracht 24

Neem het volgende schema over en vul het in.

	Rode bloedcellen	Witte bloedcellen	Bloedplaatjes
Wel of geen celkern			
Plaats(en) van vorming			
Functie(s)			

opdracht 25

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Hoe komt het dat fagocyterende witte bloedcellen hun functie ook buiten de bloedvaten kunnen vervullen?
- 2 Hoe ontstaat etter of pus?
- 3 Waarom moet je voorzichtig zijn met etter of pus?
- 4 Wat is er aan de hand bij iemand die leukemie heeft?
- 5 Bij mensen (en zoogdieren) komen voortdurend kleine inwendige bloedingen voor. Door bloedstolling stoppen deze bloedingen. Sommige rattenverdelgingsmiddelen bevatten stoffen die bloedstolling tegengaan. Welke gevolgen heeft het eten van zo'n verdelgingsmiddel voor een rat?
- 6 Wat is er aan de hand bij iemand die bloederziekte heeft?
- 7 Wat is bloedserum?

Een onderzoeker vult drie reageerbuizen met gelijke hoeveelheden vloeistof, afkomstig van dezelfde persoon. Buis 1 bevat bloed, buis 2 bloedplasma en buis 3 bloedserum. De buizen worden verhit totdat al het water is verdampt en er alleen droge stof overblijft.

- 8 Welke buis bevat dan de grootste hoeveelheid droge stof? Leg je antwoord uit.
- 9 Welke buis bevat dan de kleinste hoeveelheid droge stof? Leg je antwoord uit.
- 10 In afbeelding 46 is een tekst uit een medisch zakboek weergegeven. Welke stof wordt op de beschadigde plaats bij het stollen van het bloed gevormd?
- 11 Een blauw oog verkleurt doordat een bepaalde stof wordt afgebroken. Welke stof is dat?
- 12 Het bloedstolsel verdwijnt na enige tijd, doordat bepaalde bloedbestanddelen het stolsel en de omringende cellen opruimen. Welke bloedbestanddelen zijn dat?

▼ Afb. 46

Een blauw oog

Een blauw oog is meestal het gevolg van een harde stoot tegen de oogkas. Door de stoot worden bloedvaatjes beschadigd, waardoor er bloed tussen de weefselcellen komt. Dit bloed gaat dan stollen, zodat verder inwendig bloed-

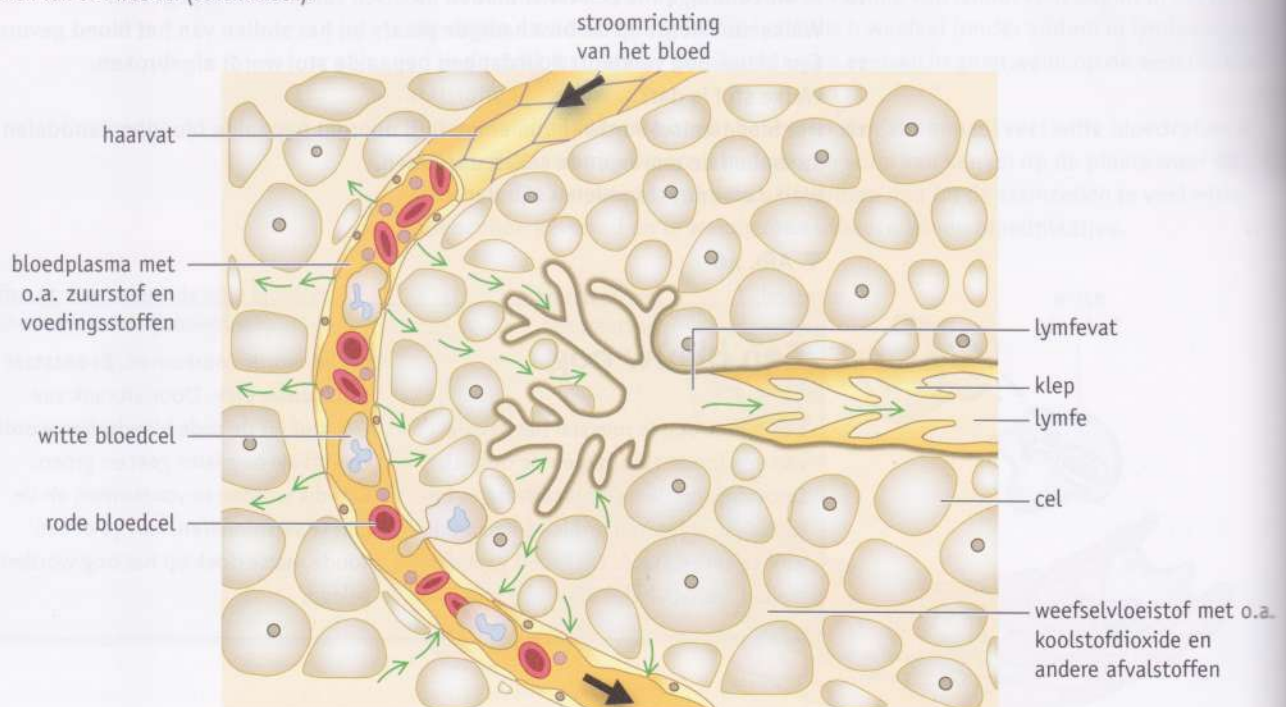
verlies wordt voorkomen. Er ontstaat een blauwe plek. Door afbraak van een stof uit de rode bloedcellen wordt een blauw oog later geel en groen. Om dik worden te voorkomen en de pijn te verminderen, kan ijs of een koude, natte doek op het oog worden gelegd.

6 Weefselvloeistof en lymfe

De wand van haarvaten is slechts één cellaag dik, waardoor vocht naar het omringende weefsel kan stromen. Aan het begin van een haarvat is de bloeddruk hoger dan de druk in het omliggende weefsel. Hierdoor wordt bij het begin van de haarvaten een deel van het bloedplasma naar buiten geperst. Dit vocht bevat onder andere zuurstof, voedingsstoffen, hormonen en plasma-eiwitten met kleine moleculen (onder andere antistoffen). In het weefsel buiten de haarvaten wordt dit vocht **weefselvloeistof** genoemd. Ook witte bloedcellen kunnen de haarvaten verlaten en in weefselvloeistof voorkomen. Rode bloedcellen en plasma-eiwitten met relatief grote moleculen kunnen de haarvaten niet verlaten.

Weefselvloeistof bevindt zich tussen de cellen van de organen (zie afbeelding 47). Cellen nemen door diffusie voedingsstoffen en zuurstof op uit de langsstromende weefselvloeistof. Koolstofdioxide diffundeert in tegengestelde richting. Ook door actief transport nemen cellen via de celmembranen voedingsstoffen op vanuit de weefselvloeistof.

▼ **Afb. 47** Stroming van vloeistof tussen de cellen van een weefsel (schematisch).

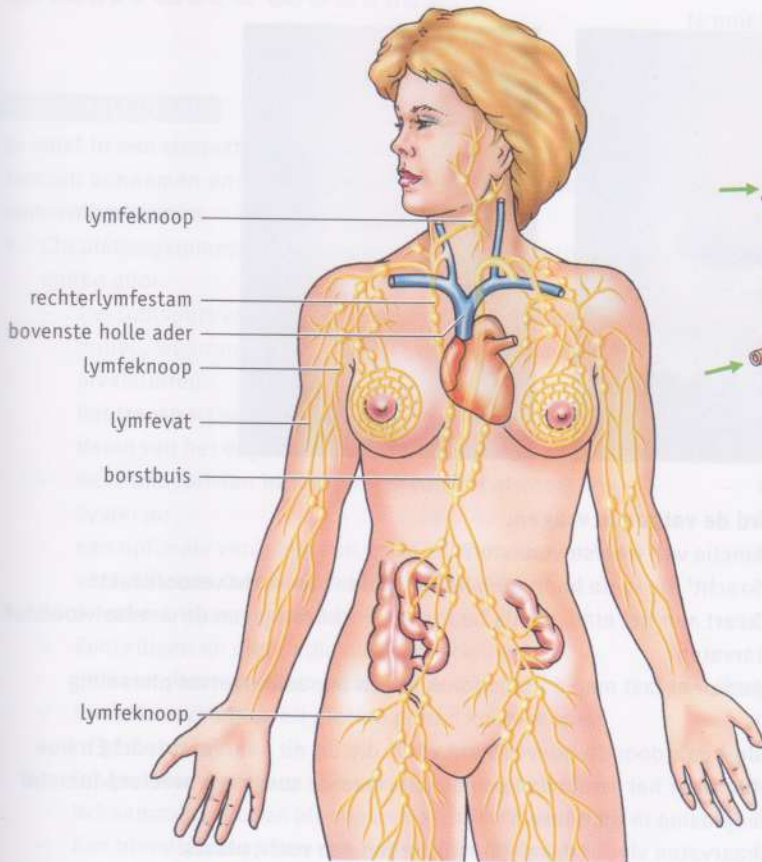


PLASMA, WEEFSELVLOEISTOF EN LYMF

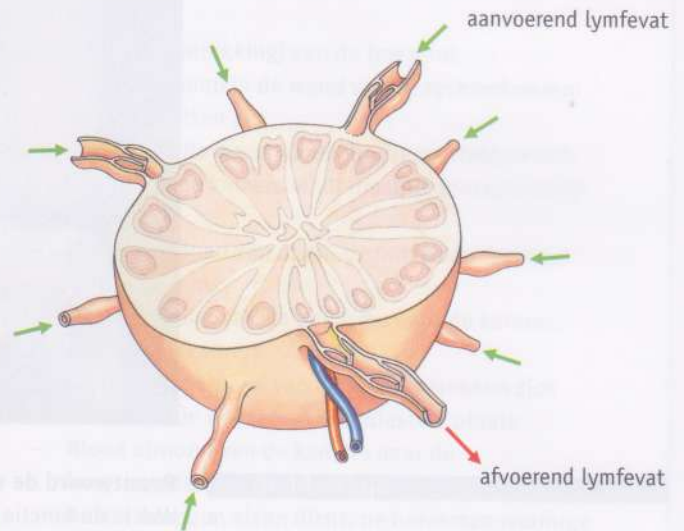
De wand van een haarvat is vergelijkbaar met een semipermeabel membraan. In deel 4 is behandeld dat door een semipermeabel membraan osmose kan plaatsvinden. Doordat plasma-eiwitten met relatief grote moleculen de haarvaten niet kunnen verlaten, is de osmotische waarde van het bloedplasma hoger dan van de weefselvloeistof.

Aan het begin van de haarvaten is de bloeddruk zo hoog, dat plasmavocht de haarvaten verlaat. Aan het eind van de haarvaten is de bloeddruk sterk gedaald. Door het verschil in osmotische waarde tussen weefselvloeistof en bloedplasma wordt er aan het eind van de haarvaten weefselvloeistof in de haarvaten opgeno-

▼ Afb. 48 Het lymfevatenstelsel.



▼ Afb. 49 Lymfeknoop (schematische doorsnede).



men. Dit vocht bevat onder andere koolstofdioxide en andere afvalstoffen, die door de cellen zijn geproduceerd. Niet al het uitgetreden vocht komt op deze manier terug in de haarvaten. Overtollige weefselvloeistof wordt opgenomen in fijne **lymfefaten** en wordt dan **lymfe** genoemd. De lymfefaten maken deel uit van het **lymfefatenstelsel** (zie afbeelding 48). Hiertoe behoren ook de lymfefaten in de darmvlokken (zie thema 4 Voeding). Lymfe bevat onder andere koolstofdioxide en andere afvalstoffen, hormonen, antistoffen en een deel van de zuurstof en voedingsstoffen die niet door de cellen zijn opgenomen. In lymfe kunnen ook witte bloedcellen voorkomen. De fijne lymfefaten verenigen zich tot grotere lymfefaten. Uiteindelijk komt alle lymfe terecht in twee grote lymfefaten: de **rechterlymfestam** en de **borstbuis**. Deze twee lymfefaten monden beide uit in aders die onder de sleutelbeenderen liggen. Kleppen in de lymfefaten zorgen ervoor dat de lymfe maar in één richting stroomt. Samentrekkingen van spieren die vlak bij een lymfevat liggen, zorgen voor de stroming van lymfe. Op bepaalde plaatsen in het lymfefatenstelsel liggen **lymfeknopen (lymfeklieren)**, onder andere in de hals, de oksels en de liezen (zie afbeelding 49). In de lymfeknopen wordt de lymfe gezuiverd van onder andere ziekteverwekkers. In basisstof 5 is behandeld dat zich in de lymfeknopen lymfocyten ontwikkelen.

Bij een **oedeem** hoort zich weefselvloeistof in de weefsels op. Dit kan verschillende oorzaken hebben. Na een infectie bijvoorbeeld kunnen door het afsterven van cellen grote hoeveelheden eiwitten in de weefselvloeistof voorkomen, waardoor de osmotische waarde van de weefselvloeistof stijgt. Door infectie met bepaalde parasieten kunnen de lymfefaten verstopt raken. Ten slotte kan ook een te hoge bloeddruk oedeem veroorzaken.

▼ Afb. 50 Oedeem.



opdracht 26

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Wat is de functie van weefselvloeistof?
- 2 Wat is de 'kracht' die in de haarvaten het uittreden van vocht veroorzaakt?
- 3 Waardoor keert aan het eind van de haarvaten vocht terug van de weefselvloeistof naar de haarvaten?
- 4 Bij een experiment laat men de bloeddruk in een bepaald haarvat plotseling toenemen.
Hoe verandert daardoor de hoeveelheid vocht die uit dit haarvat treedt? En hoe verandert hierdoor het verschil in osmotische waarde tussen de weefselvloeistof en het bloedplasma in dit haarvat?
- 5 In de longhaarvaten vindt vrijwel geen uittreden van vocht plaats.
Leg uit hoe dit komt. Leg ook uit welk belang dit heeft.
- 6 Op welke manier komt lymfe weer in het bloedvatensysteem terecht?
- 7 Ondervoede kinderen hebben vaak opgezwollen buikjes. Deze kinderen lijden aan honger-oedeem, dat wordt veroorzaakt door een gebrek aan eiwitten in het voedsel.
Leg uit hoe het opzwellen van de buikjes ontstaat.
- 8 Noem twee functies van de lymfeknopen.
- 9 Een tatoeage vervaagt na een aantal jaren. Bij iemand met een tatoeage op de rechterarm ontstond na enige jaren een donkere vlek in zijn rechteroksel. Leg dat uit.

Iemand die een lange wandeling maakt op slecht passende schoenen, loopt de kans blaren te krijgen. In een blaar bevindt zich helder, kleurloos vocht.
- 10 Hoe heet het vocht dat zich in een blaar bevindt?
- 11 Kunnen in dit vocht bloedcellen voorkomen? Zo ja, welke?

Je hebt nu de basisstof van dit thema doorgewerkt.

- Controleer met het uitwerkingenboek of je de basisstofopdrachten goed hebt uitgevoerd.
- Je kunt nu verdergaan met de diagnostische toets. Je kunt de samenvatting gebruiken om je hierop voor te bereiden.

Samenvatting

DOELSTELLING 1

Je moet in een context de functies van een bloedsomloop kunnen benoemen en verschillende circulatiesystemen kunnen herkennen.

- Circulatiesystemen zorgen voor een homogeen intern milieu door:
 - het transport van stoffen tussen intern en extern milieu, waaronder bouwstoffen, brandstoffen en afvalstoffen;
 - het transport van signaalstoffen (hormonen) tussen delen van het organisme;
 - het transport van bestanddelen van het afweersysteem;
 - een optimale verdeling van vocht en warmte over verschillende delen van het organisme.
- Bouw van transportsystemen:
 - Eencelligen en dieren die uit enkele cellen bestaan, kennen alleen transport door diffusie.
 - Circulatiesystemen bij grotere dieren kunnen open of gesloten zijn.
 - Bij gesloten systemen (bloedvatensystemen) worden lichaamsvoeistof en bloedplasma onderscheiden.
 - Een bloedsomloop kan enkel of dubbel zijn en met een of meerdere harten zijn uitgerust.

DOELSTELLING 2

Je moet in een context de delen van een hart kunnen benoemen met hun functies en kenmerken.

Delen	Kenmerken en functies
Rechterboezem	<ul style="list-style-type: none"> – ontvangt zuurstofarm bloed uit de onderste en bovenste holle ader en voert dit door naar de rechterkamer – weinig gespierde wand
Rechterkamer	<ul style="list-style-type: none"> – pompt zuurstofarm bloed in de longslagader(s) – gespierde wand
Linkerboezem	<ul style="list-style-type: none"> – ontvangt zuurstofrijk bloed uit de longaders en voert dit door naar de linkerkamer – weinig gespierde wand
Linkerkamer	<ul style="list-style-type: none"> – pompt zuurstofrijk bloed in de aorta – zeer gespierde wand
Harttussenwand	<ul style="list-style-type: none"> – scheidt de linker- en rechterharthelft
Hartkleppen	<ul style="list-style-type: none"> – verhinderen het terugstromen van bloed van kamers naar boezems
Halvemaanvormige kleppen	<ul style="list-style-type: none"> – verhinderen het terugstromen van bloed van longslagader(s) en aorta naar de kamers
Kransslagaders	<ul style="list-style-type: none"> – hierdoor stroomt zuurstofrijk bloed naar de hartspier
Kransaders	<ul style="list-style-type: none"> – hierdoor stroomt zuurstofarm bloed weg uit de hartspier

DOELSTELLING 3

Je moet in een context de werking van het hart kunnen beschrijven.

- Systole (samentrekking) van de boezems.
 - De sinusknoop in de wand van de rechterboezem geeft impulsen af.
 - Spieren in de wand van de boezems trekken zich samen. In de kamers vindt diastole (ontspanning) plaats.
 - De hartkleppen zijn open, de halvemaanvormige kleppen dicht.
 - Bloed stroomt van de boezems naar de kamers.
- Systole van de kamers.
 - Spieren in de wand van de kamers trekken zich samen. In de boezems vindt diastole plaats.
 - Bloed stroomt van de kamers naar de longslagader(s) en de aorta.
 - De hartkleppen slaan dicht, de halvemaanvormige kleppen gaan open.
 - Spieren trekken zich samen en verhinderen dat de hartkleppen doorslaan.
- Hartpauze.
 - In de boezems en de kamers vindt diastole plaats.
 - De hartkleppen zijn geopend, de halvemaanvormige kleppen zijn gesloten.
 - Bloed stroomt uit de holle aders en de longaders naar de boezems en kamers.
- Hartritme (hartslagfrequentie): de frequentie waarmee de sinusknoop impulsen afgeeft.
 - Het hartritme wordt beïnvloed door de bloeddruk (beïnvloeding via de hersenstam) en door hormonen (o.a. adrenaline).
 - Het hartritme is o.a. afhankelijk van de lichaams-grootte en de activiteit van het organisme.
 - Het hartritme kan worden ondersteund door middel van een pacemaker of ICD.

- Slagvolume: de hoeveelheid bloed die per hartslag door de linkerkamer in de aorta wordt gepompt.
 - Het slagvolume is afhankelijk van de hoeveelheid bloed die vanuit de holle aders de rechterboezem in stroomt.
 - De linkerkamer pompt per hartslag ongeveer even veel bloed weg als de rechterkamer.

DOELSTELLING 4

Je moet in een context de verschillende typen bloedvaten kunnen noemen met hun functies en kenmerken.

- Slagaders:
 - hierdoor stroomt bloed weg van het hart;
 - 'slag' merkbaar, o.a. in de polsen;
 - hoge bloeddruk;
 - dikke, stevige en elastische wand;
 - meestal diep in het lichaam gelegen;
 - alleen halvemaanvormige kleppen (aan het begin van longslagader en aorta).
- Haarvaten:
 - wand van één cellaag dik;
 - vocht met opgeloste stoffen en witte bloedcellen kunnen door de wand heen de haarvaten verlaten.
- Aders:
 - hierdoor stroomt bloed naar het hart toe;
 - lage bloeddruk;
 - geen 'slag' merkbaar;
 - dunne wand;
 - meestal ondiep in het lichaam gelegen;
 - kleppen verhinderen dat het bloed terugstroomt (vooral in de armen en benen).

DOELSTELLING 5

Je moet in een context de delen van het bloedvatenstelsel kunnen noemen en de stroomrichting van het bloed erin kunnen aangeven.

- Dubbele bloedsomloop: per omloop stroomt het bloed twee keer door het hart.
 - Kleine bloedsomloop: rechterkamer – longslagaders – longhaarvaten – longaders – linkerboezem.
 - Grote bloedsomloop: linkerkamer – aorta – slagaders – haarvaten in de organen – aders – onderste of bovenste holle ader – rechterboezem.

DOELSTELLING 6

Je moet in een context delen van het bloedvatenstelsel, het zuurstofgehalte en het glucosegehalte van het bloed kunnen aangeven.

- Zuurstofgehalte van het bloed.
 - Door de slagaders van de kleine bloedsomloop stroomt zuurstofrijk bloed.

- Door de aders van de kleine bloedsomloop stroomt zuurstofrijk bloed.
- Door de slagaders van de grote bloedsomloop stroomt zuurstofrijk bloed.
- Door de aders van de grote bloedsomloop (waaronder de poortader) stroomt zuurstofarm bloed.
- Glucosegehalte van het bloed.
 - In de poortader treden de grootste schommelingen op.
 - Van de overige bloedvaten is het glucosegehalte van het bloed in de leverader het hoogst.
 - Waar het bloed uit de leverader wordt gemengd met bloed afkomstig van andere organen, daalt het glucosegehalte van het bloed.

DOELSTELLING 7

Je moet in een context het verloop van de bloeddruk en de stroomsnelheid in verschillende typen bloedvaten kunnen beschrijven.

- Van slagaders naar aders neemt de bloeddruk voortdurend af.
 - De bloeddruk is het hoogst in de linkerkamer en de aorta tijdens het samentrekken van de kamers.
 - In de slagaders gaat de bloeddruk sterk op en neer als gevolg van de hartslag.
 - In de aders is de bloeddruk vaak te laag om de bloedstroom op gang te houden.
- In de aders helpen andere krachten mee om de bloedstroom op gang te houden:
 - de stootsgewijze druk van slagaders die naast de aders liggen;
 - de samentrekking van skeletspieren.
- De bloeddruk wordt min of meer constant gehouden door aanpassing van het hartritme (negatieve terugkoppeling).
 - Als de bloeddruk daalt onder de normwaarde, zorgt de hersenstam ervoor dat het hartritme stijgt. Hierdoor stijgt de bloeddruk.
 - Als de bloeddruk stijgt boven de normwaarde, zorgt de hersenstam ervoor dat het hartritme daalt. Hierdoor daalt de bloeddruk.
 - De bloeddruk kan verhoogd zijn doordat aan de binnenwand van bloedvaten cholesterol is afgezet (atherosclerose).
- Bloeddrukmeting: de bovendruk en de onderdruk worden gemeten.
 - De bovendruk ontstaat door de samentrekking van de kamers.
 - De onderdruk is de druk tijdens de hartpauze.
- De stroomsnelheid van het bloed is het grootst in de aorta en het laagst in de haarvaten.

DOELSTELLING 8

Je moet in een context de bestanddelen van bloed kunnen noemen met hun kenmerken en functies.

- Bloedplasma: water met opgeloste stoffen en plasma-eiwitten (o.a. fibrinogeen).
 - Het bloedplasma vervoert zuurstof, voedingsstoffen (o.a. glucose), afvalstoffen (o.a. koolstofdioxide), signaalstoffen (o.a. hormonen) en beschermende stoffen (o.a. antistoffen).
 - Het bloedplasma houdt het interne milieu constant.
 - Veel plasma-eiwitten spelen een rol bij het transport van stoffen, de handhaving van de osmotische waarde van het bloed en de bloeddruk. Fibrinogeen speelt een rol bij de bloedstolling.
 - Bloedserum is bloedplasma zonder fibrinogeen.
- Rode bloedcellen:
 - Cellen zonder kern (daardoor betrekkelijk korte levensduur).
 - Worden gevormd in het rode beenmerg uit stamcellen, onder invloed van het hormoon epo uit de nieren.
 - Worden afgebroken in het rode beenmerg, in de milt en in de lever.
 - Bevatten hemoglobine dat zuurstof kan binden.
 - Functie: transport van zuurstof.
- Bloedplaatjes.
 - Delen (zonder kern) van uiteengevallen cellen.
 - Worden gevormd in het rode beenmerg.
 - Functie: bloedstolling.
- Witte bloedcellen (o.a. lymfocyten).
 - Cellen met kern.
 - Worden vooral gevormd in het rode beenmerg uit stamcellen (lymfocyten ontwikkelen zich verder in lymfatisch weefsel: o.a. lymfeknopen en de milt).
 - Functie: ziekteverwekkers vernietigen door fagocytose en dode cellen opruimen. Functie lymfocyten: vorming van antistoffen.

DOELSTELLING 9

Je kunt in een context het proces van bloedstolling beschrijven en verklaren en je weet hoe complicaties bij bloedstolling kunnen worden voorkomen.

- Bloedplaatjes kleven aan de beschadigde bloedvatwand en vormen een bloedpropje. Uit het beschadigde weefsel en uit de bloedplaatjes komen stoffen vrij. Deze stoffen brengen met behulp van stollingsfactoren in het bloedplasma (o.a. calciumionen) een keten van reacties op gang. Uiteindelijk leidt dit ertoe dat fibrinogeen wordt omgezet in fibrine.
- Fibrine vormt een netwerk van draden dat de wond afsluit (bloedstolsel).
- Mensen met een verhoogd risico op bloedstolling in de

vaten (trombose) kunnen daarvoor antistollingsmiddelen slikken die de stollingstijd verlengen.

DOELSTELLING 10

Je moet in een context de kenmerken en functies van weefselvloeistof en lymfe kunnen noemen.

- Weefselvloeistof ontstaat doordat aan het begin van de haarvaten vocht uittreedt.
 - Plasma-eiwitten met relatief grote moleculen kunnen de haarvaten niet verlaten. Hierdoor ontstaat een verschil in osmotische waarde tussen de weefselvloeistof en het bloedplasma.
 - Weefselvloeistof bevat o.a. zuurstof, voedingsstoffen, koolstofdioxide en andere afvalstoffen, hormonen en plasma-eiwitten met kleine moleculen. Weefselvloeistof kan witte bloedcellen bevatten.
 - Functie weefselvloeistof: zuurstof en voedingsstoffen naar de cellen toe voeren en koolstofdioxide en andere afvalstoffen van de cellen weg voeren.
- Een deel van de weefselvloeistof keert aan het eind van de haarvaten terug in het bloed.
 - Aan het begin van de haarvaten is de bloeddruk zo hoog, dat vocht de haarvaten verlaat.
 - Aan het eind van de haarvaten is de bloeddruk sterk gedaald. Door het verschil in osmotische waarde tussen weefselvloeistof en bloedplasma wordt er weer vocht in de haarvaten opgenomen.
- Een deel van de weefselvloeistof wordt opgenomen in fijne lymfevaten.
 - Lymfevaten verenigen zich tot grotere lymfevaten. In de lymfevaten komen kleppen voor.
 - Het lymfevatenstelsel voert de lymfe weer terug naar het bloedvatenstelsel.
 - Lymfeknopen (lymfeklieren) zuiveren de lymfe van o.a. ziekteverwekkers.

COMPETENTIES/VAARDIGHEDEN

Je hebt in een of meer contexten:

- geleerd dat een gezonde leefstijl het risico op hart- en vaatziekten vermindert;
- geoefend in het formuleren van een onderzoeksvraag;
- geoefend in het herkennen van bloedcellen in een microscopisch preparaat.

Over de volgende competenties/vaardigheden zijn geen vragen opgenomen in de diagnostische toets.

Je hebt in een of meer contexten:

- geleerd wat te doen bij iemand met een hartstilstand;
- geleerd hoe je het hartritme kunt meten;
- geleerd hoe je de bloeddruk kunt meten;
- geoefend in het werken met de microscoop en het maken van tekeningen.

Diagnostische toets

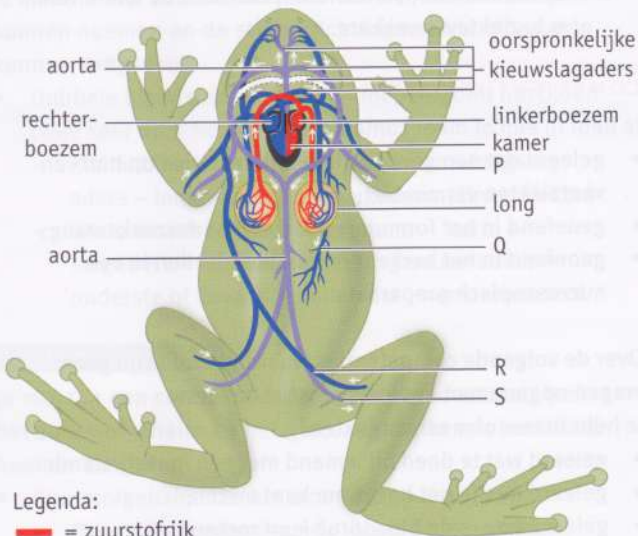
DOELSTELLING 1

Beantwoord de volgende vragen.

Niet alle gewervelde dieren hebben eenzelfde bloedsomloop (bloedvatstelsel). In de loop van de tijd is de bloedsomloop volgens evolutiebiologen geëvolueerd tot een steeds ingewikkelder organenstelsel. Uit de enkelvoudige bloedsomloop van een vis ontwikkelde zich de dubbele bloedsomloop van de zoogdieren. In afbeelding 51 is de bloedsomloop van een kikker schematisch getekend. In de legenda zie je welke delen van bloedsomloop zuurstofarm bloed bevatten. Niet alle bloedvaten zijn weergegeven.

- 1 Is de bloedsomloop bij een kikker open of gesloten?
- 2 Heeft een kikker een enkelvoudige of dubbele bloedsomloop?
- 3 Welk voordeel heeft deze bouw van het circulatiesysteem van de kikker?
- 4 Leg uit dat het hart van een kikker minder effectief is dan een zoogdierhart.
- 5 Leg uit hoe dit verschil in de bouw van het hart samenhangt met het verschil in de leefwijze van kikkers en zoogdieren.
- 6 Welke letter in deze afbeelding geeft bloedvaten naar de huid aan, die betrokken zijn bij de huidademhaling van de kikker?

▼ Afb. 51 Bloedsomloop van een kikker.



Legenda:

- = zuurstofrijk
- = gemengd
- = zuurstofarm

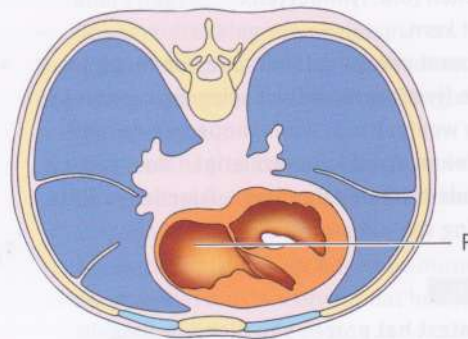
DOELSTELLING 2

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 Welk deel van het hart heeft de meest gespierde wand?
 - A De linkerboezem.
 - B De rechterboezem.
 - C De linkerkamer.
 - D De rechterkamer.
- 2 De kransaders voeren bloed weg uit het hartspierweefsel. In welk van de volgende delen komt dit bloed het eerst: in de linkerkamer, in de rechterkamer, in een longader of in een longslagader?
 - A In de linkerkamer.
 - B In de rechterkamer.
 - C In een longader.
 - D In een longslagader.
- 3 In afbeelding 52 is een dwarsdoorsnede door de borstholte van de mens schematisch getekend. P geeft een hartkamer aan. Pompt deze hartkamer bloed in de aorta of in de longslagaders? Is dit bloed zuurstofarm of zuurstofrijk?

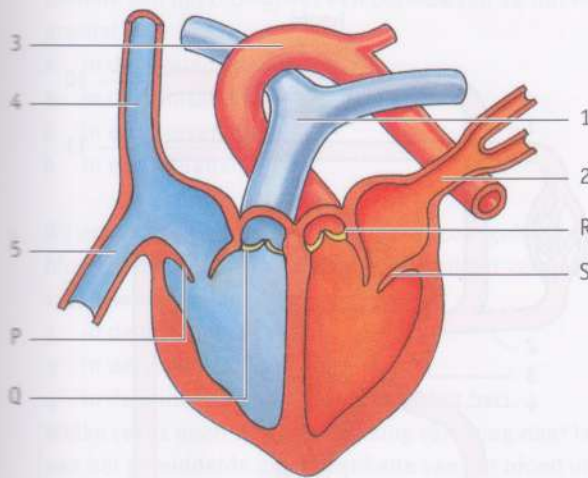
<i>Deze hartkamer pompt bloed in</i>	<i>Dit bloed is</i>
A de aorta.	zuurstofarm.
B de aorta.	zuurstofrijk.
C de longslagaders.	zuurstofarm.
D de longslagaders.	zuurstofrijk.

▼ Afb. 52



- 4 In afbeelding 53 is het hart van de mens schematisch getekend. Vanuit welk(e) van de genummerde bloedvaten stroomt bloed de linkerboezem van het hart in?
 - A Vanuit bloedvat 1.
 - B Vanuit bloedvat 2.
 - C Vanuit bloedvat 3.
 - D Vanuit de bloedvaten 4 en 5.

▼ Afb. 53



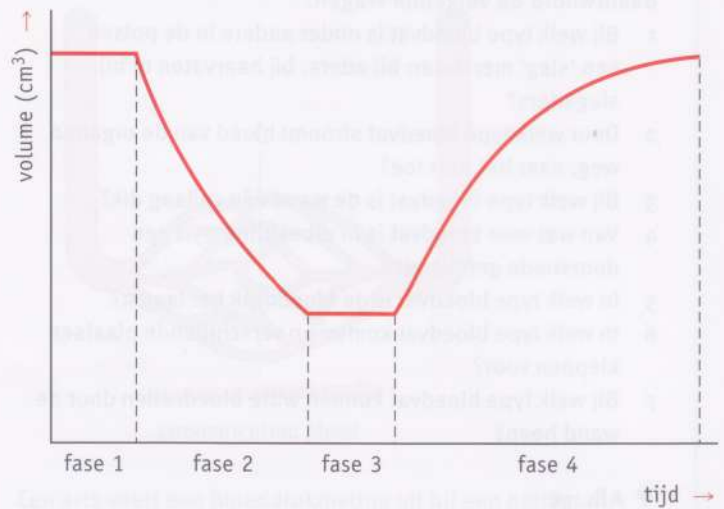
- 5 Bij de mens komt een opening in de hanttussenwand als hartafwijking voor. Via deze opening stroomt er voortdurend bloed van de linkerkamer naar de rechterkamer. Als gevolg hiervan treden afwijkingen op in het zuurstofgehalte van het bloed in bepaalde bloedvaten. In welk(e) bloedvat(en) zal als gevolg van deze afwijking het zuurstofgehalte van het bloed hoger zijn dan onder normale omstandigheden?
- A Alleen in de aorta.
 - B Alleen in de longaders.
 - C In de aorta en in de longaders.
 - D In de longslagaders.

DOELSTELLING 3

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 In afbeelding 53 zijn verschillende kleppen met letters aangegeven. Welke kleppen zijn tijdens de diastole van de hartkamers gesloten?
- A De kleppen P en Q.
 - B De kleppen P en S.
 - C De kleppen Q en R.
 - D De kleppen R en S.
- 2 In afbeelding 54 is het verband tussen het volume van een hartkamer en de tijd in een diagram weergegeven. Hierin worden vier fasen onderscheiden. Gedurende welke fase stroomt het bloed de kamer binnen?
- A Gedurende fase 1.
 - B Gedurende fase 2.
 - C Gedurende fase 3.
 - D Gedurende fase 4.

▼ Afb. 54



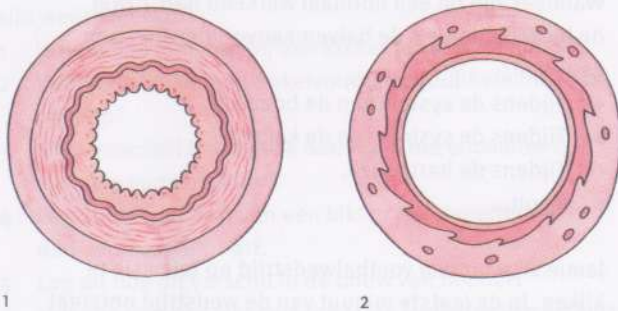
- 3 Wanneer zijn bij een normaal werkend hart zowel de hartkleppen als de halvemaanvormige kleppen geopend?
- A Tijdens de systole van de boezems.
 - B Tijdens de systole van de kamers.
 - C Tijdens de hartpauze.
 - D Nooit.
- 4 Jamie zit naar een voetbalwedstrijd op televisie te kijken. In de laatste minuut van de wedstrijd ontstaat een onoverzichtelijke situatie voor een van de doelen, waaruit bijna een doelpunt wordt gescoord. Tijdens het kijken naar deze spannende situatie stijgt het hartritme van Jamie. Waardoor stijgt het hartritme van Jamie?
- A Door een verhoogd adrenalinegehalte van het bloed.
 - B Door een verhoogd koolstofdioxidegehalte van het bloed.
 - C Door een verlaagd zuurstofgehalte van het bloed.
 - D Door een verlaagde bloeddruk.
- 5 Bij een vrouw wordt het gemiddelde slagvolume van de linkerkamer gemeten. De gevonden waarde is 75 mL. Kan hieruit worden afgeleid hoeveel bloed de rechterkamer van deze vrouw gemiddeld per hartslag wegpompt? Zo ja, is deze hoeveelheid groter dan, gelijk aan of kleiner dan 75 mL?
- A Hieruit kan niet worden afgeleid hoeveel bloed de rechterkamer gemiddeld per hartslag wegpompt.
 - B De hoeveelheid bloed die de rechterkamer gemiddeld per hartslag wegpompt, is groter dan 75 mL.
 - C De hoeveelheid bloed die de rechterkamer gemiddeld per hartslag wegpompt, is gelijk aan 75 mL.
 - D De hoeveelheid bloed die de rechterkamer gemiddeld per hartslag wegpompt, is kleiner dan 75 mL.

DOELSTELLING 4

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Bij welk type bloedvat is onder andere in de polsen een 'slag' merkbaar: bij aders, bij haarvaten of bij slagaders?
- 2 Door welk type bloedvat stroomt bloed van de organen weg, naar het hart toe?
- 3 Bij welk type bloedvat is de wand één cellaag dik?
- 4 Van wat voor bloedvat is in afbeelding 55.1 een doorsnede getekend?
- 5 In welk type bloedvat is de bloeddruk het laagst?
- 6 In welk type bloedvat komen op verschillende plaatsen kleppen voor?
- 7 Bij welk type bloedvat kunnen witte bloedcellen door de wand heen?

▼ Afb. 55

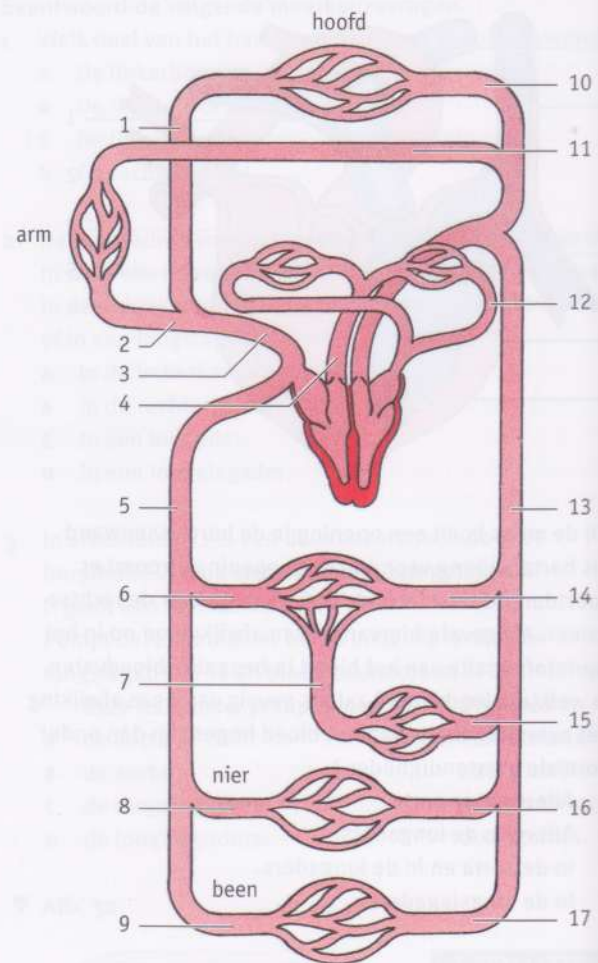


DOELSTELLING 5

In afbeelding 56 is het bloedvatensysteem van de mens schematisch getekend. Noteer of de volgende beweringen juist zijn of onjuist.

- 1 Bloedvat 8 is een nierader.
- 2 Bloedvat 11 is een longslagader.
- 3 Bloedvat 14 is de leverslagader.
- 4 Bloedvat 10 maakt deel uit van de kleine bloedsomloop.
- 5 Bloed stroomt van 9 via de haarvaten van het been naar 17.
- 6 Bloed stroomt van 15 via 7 naar 6.
- 7 Bloed stroomt van 2 via 4 naar 3.
- 8 Als een bloedcel van 12 naar 13 is gestroomd, is deze bloedcel minstens één keer door het hart gekomen.
- 9 Als een bloedcel via de kortste weg van 14 naar 7 is gestroomd, is deze bloedcel twee keer door het hart gekomen.

▼ Afb. 56



DOELSTELLING 6

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 Van zes bloedvaten uit afbeelding 56 (de bloedvaten 2, 6, 7, 10, 12 en 16) wordt het zuurstofgehalte van het bloed bepaald. Welke van deze bloedvaten bevatten zuurstofrijk bloed?
 - A De bloedvaten 2, 6 en 7.
 - B De bloedvaten 2, 7 en 12.
 - C De bloedvaten 10, 12 en 16.
 - D De bloedvaten 2, 7, 10 en 16.
- 2 In welke van de in afbeelding 56 genummerde bloedvaten kan bloed met vrijwel dezelfde samenstelling worden aangetroffen?
 - A In de bloedvaten 2, 5 en 9.
 - B In de bloedvaten 6, 7 en 8.
 - C In de bloedvaten 2, 3 en 11.
 - D In de bloedvaten 14, 15 en 17.

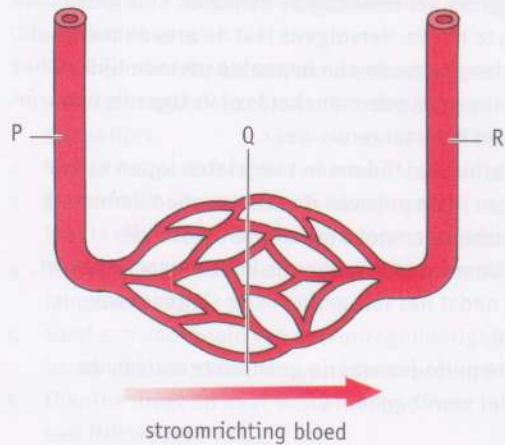
- 3 In welk bloedvat zijn de schommelingen in het glucosegehalte van het bloed over een periode van 24 uur het grootst?
- In de leverader.
 - In de poortader.
 - In een hersenader.
 - In een nierader.
- 4 Bij de mens wordt het gemiddelde glucosegehalte van het bloed in de volgende bloedvaten met elkaar vergeleken:
- in een longslagader;
 - in de leverader;
 - in de bovenste holle ader;
 - in de onderste holle ader vlak bij het hart.
- Welke reeks geeft de rangschikking van hoog naar laag van het gemiddelde glucosegehalte van het bloed in deze bloedvaten weer?
- 1-4-2-3.
 - 2-3-4-1.
 - 2-4-1-3.
 - 4-2-3-1.

DOELSTELLING 7

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 Vijf bloedvaten zijn:
- een leverhaartvat;
 - een longhaartvat;
 - een longslagader;
 - de aorta;
 - de onderste holle ader.
- Welke reeks geeft de rangschikking weer van het bloedvat met de hoogste bloeddruk naar het bloedvat met de laagste bloeddruk?
- 4-1-3-2-5.
 - 4-2-5-3-1.
 - 4-3-1-2-5.
 - 4-5-3-1-2.
- 2 In afbeelding 57 is een haarvatennet in een dijbeen met aan- en afvoerend bloedvat schematisch getekend. De stroomsnelheid van het bloed bij de plaatsen P, Q en R zijn onderling verschillend.
- Waar is deze stroomsnelheid het grootst? En waar het kleinst?
- Het grootst bij plaats P en het kleinst bij plaats Q.
 - Het grootst bij plaats P en het kleinst bij plaats R.
 - Het grootst bij plaats Q en het kleinst bij plaats R.
 - Het grootst bij plaats R en het kleinst bij plaats P.

▼ Afb. 57



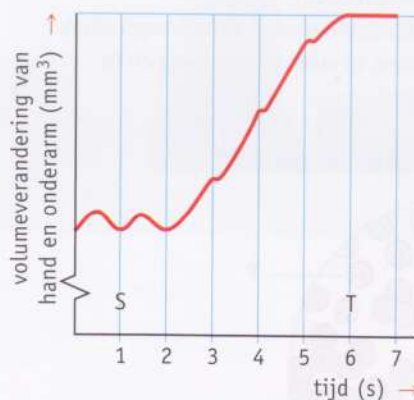
Een arts voert een bloeddrukmeting uit bij een patiënt.

De vragen 3 tot en met 5 gaan over deze bloeddrukmeting.

- 3 De arts brengt rondom de bovenarm van de patiënt een manchete aan en pompt deze langzaam op. Tijdens het oppompen verandert het volume van hand en onderarm tot aan de manchet. In afbeelding 58 is deze volumeverandering in een diagram weergegeven.
- Zijn de aders van deze arm op tijdstip S helemaal dichtgedrukt of open? Zijn de slagaders van deze arm op tijdstip T helemaal dichtgedrukt of open?

<i>De aders zijn op tijdstip S</i>	<i>De slagaders zijn op tijdstip T</i>
A helemaal dichtgedrukt.	helemaal dichtgedrukt.
B helemaal dichtgedrukt.	open.
C open.	helemaal dichtgedrukt.
D open.	open.

▼ Afb. 58



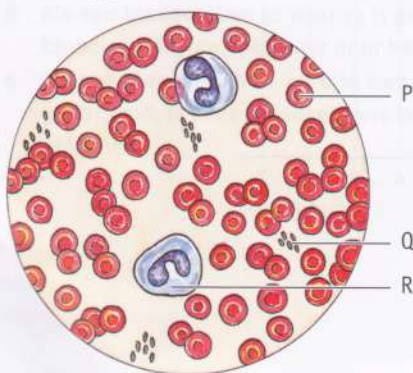
- 4 Na het oppompen beluistert de arts met een stethoscoop de armslagader net beneden de manchet. Er is geen vaatgeruis te horen. Vervolgens laat de arts de manchet langzaam leeglopen. In een bepaalde periode tijdens het leeg laten lopen van de manchet is er vaatgeruis te horen. Daarna stopt het vaatgeruis weer.
In welke periode(n) tijdens het leeg laten lopen van de manchet kan in de pols van de arm waaraan de meting wordt verricht, geen polsslag worden gevoeld?
- Alleen voordat het vaatgeruis in de slagader begint.
 - Alleen nadat het vaatgeruis in de slagader weer is gestopt.
 - In beide perioden waarin geen vaatgeruis in de slagader wordt gehoord.
- 5 Hoe verhoudt de druk in de armslagader van de patiënt zich tot de onderdruk en de bovendruk die de arts in de manchet heeft gemeten?
- De druk in de armslagader is altijd hoger dan de in de manchet gemeten bovendruk.
 - De druk in de armslagader varieert bij elke hartslag tussen de in de manchet gemeten bovendruk en onderdruk.
 - De druk in de armslagader is tijdens het samentrekken van het hart hoger dan de in de manchet gemeten bovendruk en tijdens de ontspanningsfase van het hart lager dan de in de manchet gemeten onderdruk.

DOELSTELLING 8

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

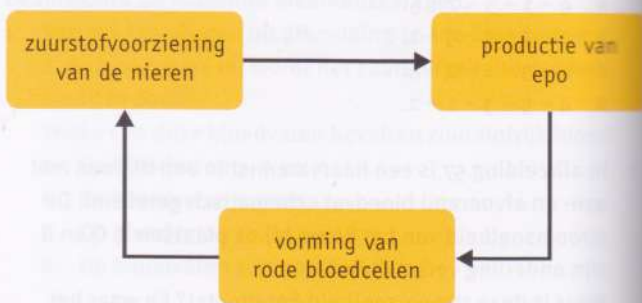
- 1 In welke bestanddelen van het bloed komen celkernen voor?
- Alleen in rode bloedcellen.
 - Alleen in witte bloedcellen.
 - Alleen in rode bloedcellen en in witte bloedcellen.
 - In rode bloedcellen, in witte bloedcellen en in bloedplaatjes.

▼ Afb. 59



- 2 Afbeelding 59 is een microscopische tekening van bloed. Drie bestanddelen van bloed zijn aangegeven met P, Q en R.
Welk van de bestanddelen P, Q en R ontstaat of welke ontstaan uit cellen in het rode beenmerg?
- Alleen P.
 - Alleen Q.
 - Alleen P en R.
 - P, Q en R.
- 3 Bestanddeel P in afbeelding 59 speelt een rol bij het transport van stoffen.
Van welke stoffen?
- Van antistoffen en van hormonen.
 - Van afvalstoffen en van glucose.
 - Van koolstofdioxide en van zuurstof.
 - Van voedingsstoffen en van fibrinogeen.
- 4 In afbeelding 60 is weergegeven hoe de vorming van rode bloedcellen wordt geregeld door het hormoon epo. Hierbij is sprake van negatieve terugkoppeling.
Op welke manier vindt deze negatieve terugkoppeling plaats?
- Het hormoon epo remt de vorming van rode bloedcellen.
 - De rode bloedcellen remmen de zuurstofvoorziening van de nieren.
 - De zuurstofvoorziening van de nieren remt de productie van epo.
 - De zuurstofvoorziening van de nieren stimuleert de productie van epo.

▼ Afb. 60



- 5 Wat is de functie van lymfocyten?
- Ziekteverwekkers vernietigen door fagocytose.
 - Antistoffen vormen.
 - Dode celresten opruimen.
 - Vetten transporteren.

- 6 Welk bestanddeel van het bloed speelt een belangrijke rol bij het constant houden van de lichaamstemperatuur?
- Het bloedplasma.
 - De rode bloedcellen.
 - De witte bloedcellen.
 - De bloedplaatjes.

- 7 Bij de bloedstolling vinden onder andere de volgende processen plaats:

- Fibrinogeen wordt omgezet in fibrine.
- Uit de bloedplaatjes komen stoffen vrij.
- Er vormt zich een netwerk van draden.

Wat is de juiste volgorde waarin deze processen zich afspelen bij de bloedstolling?

- 1 - 3 - 2.
- 2 - 1 - 3.
- 2 - 3 - 1.
- 3 - 2 - 1.

DOELSTELLING 9

Beantwoord de volgende vragen over de context 'Bloedverdunners'.

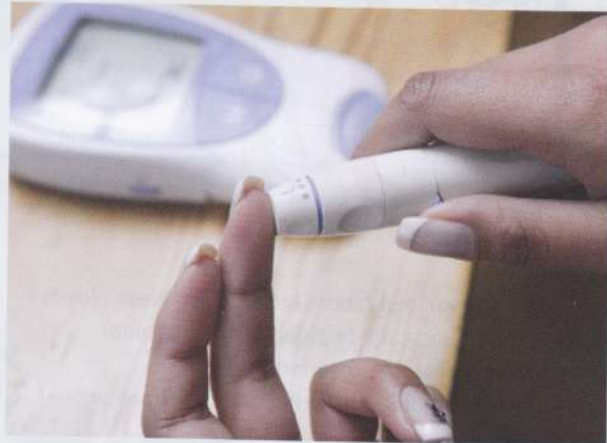
- Geef een voorbeeld van een hartbehandeling waarna een verhoogd risico bestaat op het ontstaan van stolseltjes.
- Wat is het gevaar bij het ontstaan van 'bloedpropjes'?
- De term bloedverdunner is niet correct. Wat is een betere benaming voor deze middelen?
- Welk risico bestaat als het bloed door de medicijnen te langzaam stolt?
- Geef een voorbeeld van een onregelmatigheid in het leven van een gebruiker van bloedverdunners.
- Dianthe meet op haar vaste meetmoment in de week een INR waarde van 1. Moet zij nu haar dagelijkse dosis medicijn verhogen of juist verlagen?

BLOEDVERDUNNERS

Na een hartinfarct of een herseninfarct bestaat het risico op een volgend infarct. Ook bij hartfibrilleren of na een hartbehandeling bestaat een verhoogd risico op het ontstaan van stolsels. De patiënten kunnen dan 'bloedverdunners' voorgeschreven krijgen die voorkomen dat er bloedpropjes ontstaan die een bloedvat kunnen afsluiten. Bloedverdunners zorgen ervoor dat het bloed minder snel stolt. Het bloed wordt er dus niet 'dunner' van. Ter voorkoming van trombose mag het bloed niet te snel stollen. Het mag ook weer niet te langzaam stollen. Het vinden van de juiste balans voor medicijndosering is dus precisiewerk. Bloedstolling is een ingewikkeld proces en kan door onregelmatigheden in het leven van de patiënt worden beïnvloed. Gebruikers van bloedverdunners moeten minimaal een keer per week de stollingstijd van hun bloed (INR) bepalen. Met een druppel bloed op een meetstrip kunnen patiënten de bepaling ook thuis doen (zie afbeelding 61). De INR is normaal gesteld op 1. Bij patiënten wordt vaak gestreefd naar een waarde tussen

2,0 en 3,0. Aan de hand van de gevonden INR-waarde, wordt de dosering eventueel aangepast.

▼ **Afb. 61** INR-bepaling thuis.



DOELSTELLING 10

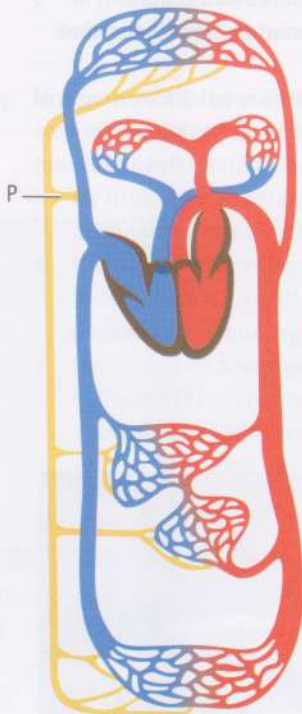
Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 In afbeelding 62 zijn schematisch twee gesloten systemen weergegeven waarin vloeistoffen in het lichaam van zoogdieren stromen.

Welk vat wordt met P aangegeven?

- A De bovenste holle ader.
- B Een halsader.
- C Een longader.
- D Een lymfevat.

▼ Afb. 62



- 2 Aan het begin van een haarvatennet in de grote bloedsomloop treedt vocht uit de bloedvaten, waardoor weefselvloeistof wordt gevormd.

Hoe komt het dat dit in de kleine bloedsomloop vrijwel niet gebeurt?

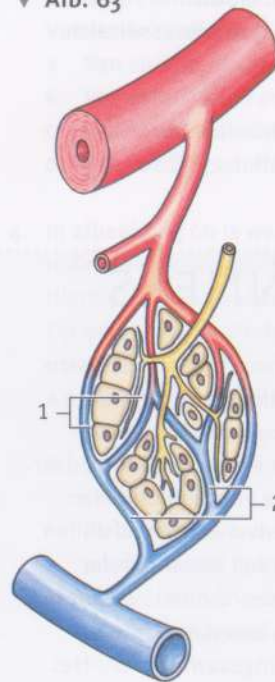
- A De bloeddruk in haarvaten van de kleine bloedsomloop is lager dan de bloeddruk in haarvaten van de grote bloedsomloop.
- B Door het hart wordt per tijdseenheid minder bloed in de kleine bloedsomloop gepompt dan in de grote bloedsomloop.
- C De osmotische waarde van het bloed in de kleine bloedsomloop is groter dan de osmotische waarde van het bloed in de grote bloedsomloop.
- D De druk van de lucht in de longblaasjes is gelijk aan de bloeddruk in de longhaarvaten.

- 3 In afbeelding 63 is een haarvatennet bij de mens schematisch getekend. Bij de cijfers 1 en 2 bevinden zich verschillende vloeistoffen. Enkele stoffen in het lichaam van de mens zijn: aminozuren, glucose, keukenzout en zuurstof.

Welke van deze stoffen bevinden zich in de vloeistof bij 1?

- A Alleen aminozuren en glucose.
- B Alleen keukenzout en zuurstof.
- C Alleen glucose, keukenzout en zuurstof.
- D Aminozuren, glucose, keukenzout en zuurstof.

▼ Afb. 63



- 4 In afbeelding 63 stroomt bij 2 gewoonlijk vloeistof uit het weefsel de haarvaten in. Als er een tekort is aan een bepaalde stof of aan bepaalde stoffen in het bloed, vindt dit terugstromen onvoldoende plaats.

Zal er dan in het bloed vooral een tekort zijn aan eiwitten, aan glucose, aan keukenzout of aan vetten?

- A Aan eiwitten.
- B Aan glucose.
- C Aan keukenzout.
- D Aan vetten.

Controleer met het uitwerkingenboek of je de diagnostische toetsvragen goed hebt gemaakt.

- Heb je geen fouten gemaakt? Begin dan aan de eindopdracht en de verrijkingstof.
- Heb je fouten gemaakt bij een of meer doelstellingen? Bestudeer dan nog eens de theorie. Ga na wat je precies fout hebt gedaan. Begin daarna aan de eindopdracht en de verrijkingstof.

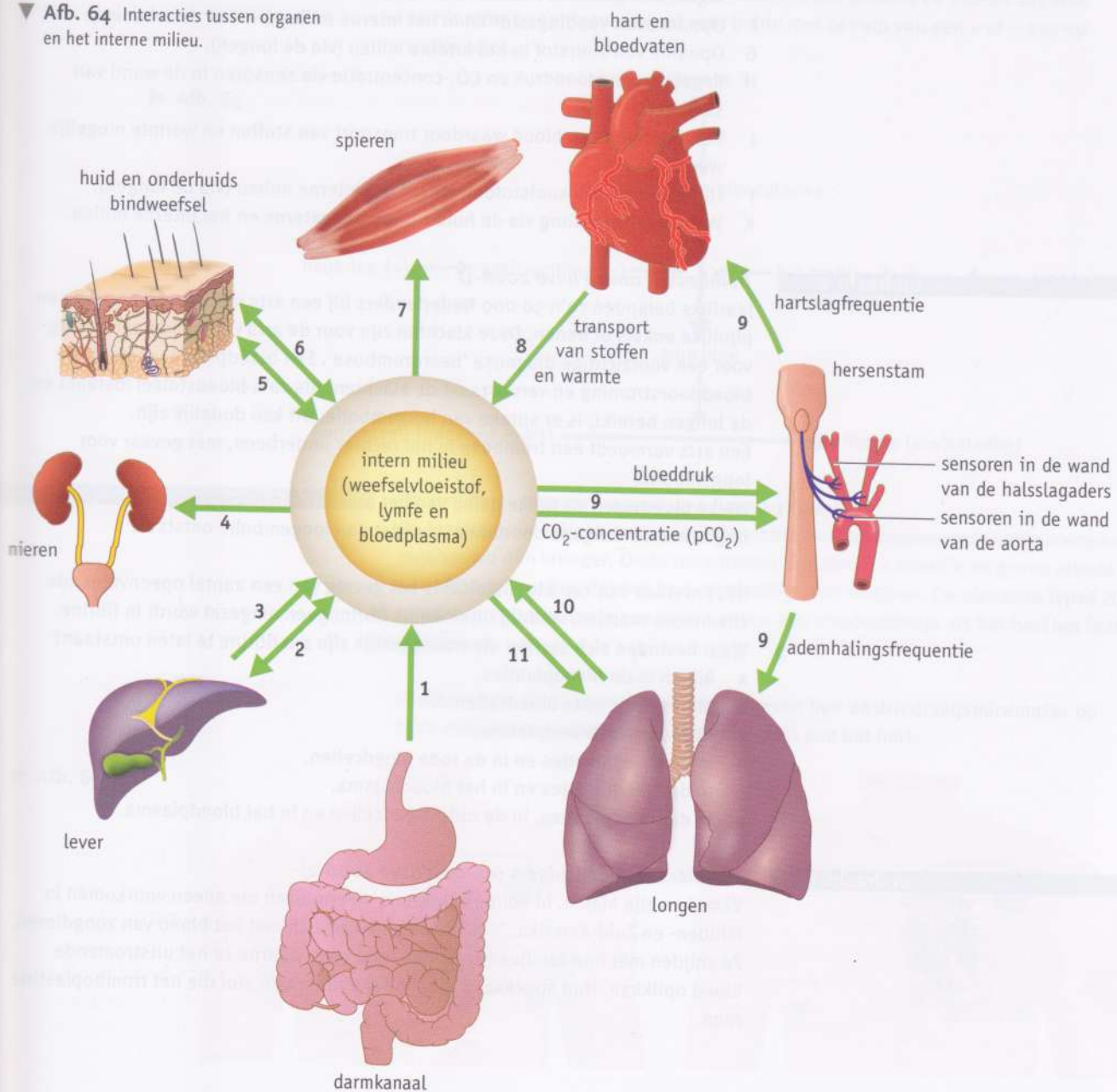
Eindopdracht

De eindopdracht geeft een overzicht over het thema en bevat (examen)opgaven over leerstof uit dit thema en voorafgaande thema's. Met de eindopdracht kun je je voorbereiden op de eindtoets en je eindexamen.

opdracht 1

Door opname en afgifte van stoffen en signalen tussen bloedplasma en weefselvloeistof enerzijds en organen anderzijds, ontstaat een homogeen intern milieu. Het interne milieu en de verschillende organen die daarbij zijn betrokken, zijn in afbeelding 64 met genummerde pijlen verbonden.

▼ Afb. 64 Interacties tussen organen en het interne milieu.



Geef voor elk van de volgende uitspraken aan bij welke genummerde pijlen in het schema van afbeelding 64 die het best past.

- A Afgifte van ureum (een afbraakproduct van overtollige eiwitten) aan het interne milieu.
- B Uitscheiding van afvalstoffen (onder andere ureum), lichaamsvreemde stoffen en overtollige stoffen uit het interne milieu.
- C Opslag van onder andere vet in het onderhuids bindweefsel en afgifte aan het interne milieu bij een tekort.
- D Opname van glucose uit het interne milieu (het wordt vervolgens opgeslagen als glycogeen).
- E Opname van glucose uit het interne milieu en omzetting in glycogeen (in de lever). Opslag van vitaminen (A, B12 en D), mineralen (onder andere ijzer, kalium en koper) en gifstoffen die niet onschadelijk kunnen worden gemaakt. Afgifte van glucose, vitaminen en mineralen aan het interne milieu.
- F Opname van voedingsstoffen in het interne milieu (via het darmkanaal).
- G Opname van zuurstof in het interne milieu (via de longen).
- H Regeling van bloeddruk en CO_2 -concentratie via sensoren in de wand van slagaders.
- I Rondpompen van bloed waardoor transport van stoffen en warmte mogelijk wordt.
- J Uitscheiding van koolstofdioxide uit het interne milieu (via de longen).
- K Warmte-uitwisseling via de huid tussen het externe en het interne milieu.

opdracht 2

Trombose (examen havo 2008-1)

Jaarlijks belanden zo'n 50 000 Nederlanders bij een arts met gezwollen, rode en pijnlijke enkels of benen. Deze klachten zijn voor de arts voldoende aanleiding voor een voorzichtige diagnose 'beentrombose'. Een bloedpropje verstoort de bloeddorstrooming en veroorzaakt de klachten. Als zo'n bloedstolsel losraakt en de longen bereikt, is er sprake van longembolie. Dit kan dodelijk zijn. Een arts vermoedt een trombose in het rechter onderbeen, met gevaar voor longembolie.

- 1 Welke bloedvaten en welke delen van het hart zal een bloedpropje via de kortste weg achtereenvolgens doorlopen, voordat dan longembolie ontstaat?

Het ontstaan van een bloedstolsel is het gevolg van een aantal opeenvolgende chemische reacties, waarbij uiteindelijk fibrinogeen omgezet wordt in fibrine.

- 2 Waar bevinden zich stoffen die noodzakelijk zijn om fibrine te laten ontstaan?
 - A Alleen in de bloedplaatjes.
 - B Alleen in de rode bloedcellen.
 - C Alleen in het bloedplasma.
 - D In de bloedplaatjes en in de rode bloedcellen.
 - E In de bloedplaatjes en in het bloedplasma.
 - F In de bloedplaatjes, in de rode bloedcellen en in het bloedplasma.

opdracht 3

Vampiers en bloedzuigers (examen havo 2006-2)

Vampiers zijn kleine, in kolonies levende vleermuizen die alleen voorkomen in Midden- en Zuid-Amerika. 's Nachts voeden zij zich met het bloed van zoogdieren. Ze snijden met hun tandjes een stukje huid weg, waarna ze het uitstromende bloed oplikken. Hun speeksel bevat onder andere een stof die het tromboplastine remt.

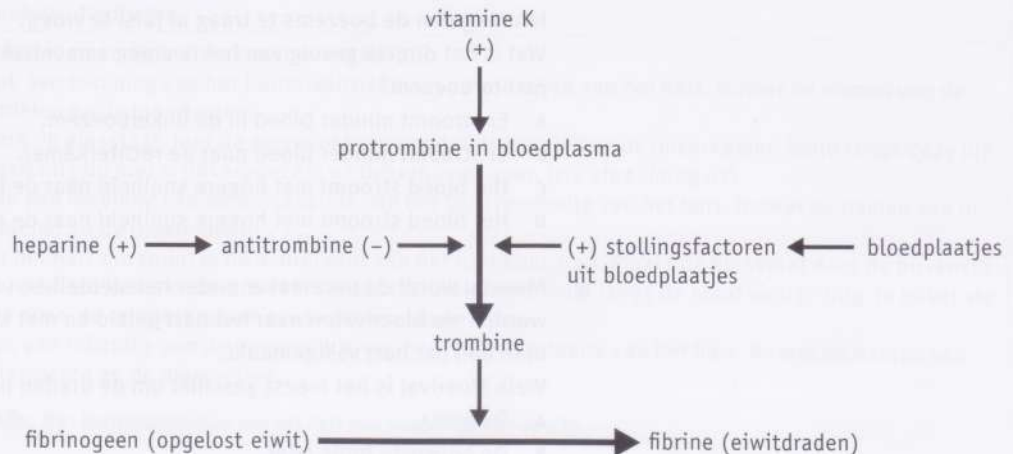
Bloedzuigers zijn wormen die in het water leven. Zij leven onder andere van het bloed van vissen en andere waterdieren. Het speeksel van deze bloedzuigers bevat hirudine, dat het enzym trombine remt.

Trombose is een ziekte bij mensen waarbij ongewenste stolling in de bloedvaten optreedt. Het probleem bij de bestrijding van trombose is dat men bloedingen moet zien te voorkomen. Een middel dat hierbij gebruikt wordt, is aspirine. Dit remt de klontering van bloedplaatjes. Stoffen uit het speeksel van vampiers en bloedzuigers zouden weleens beter kunnen werken dan aspirine.

In afbeelding 65 is een vereenvoudigd schema van de bloedstolling weergegeven. In het schema zijn met een – remming en met een + stimulering van omzettingen of werking aangegeven.

Neem het schema over. Geef, zoals in afbeelding 65 is gedaan voor antitrombine, met behulp van pijlen aan op welke plaats in het schema de stoffen aspirine en hirudine aangrijpen en geef voor beide met behulp van een + of – aan op welke wijze.

► Afb. 65



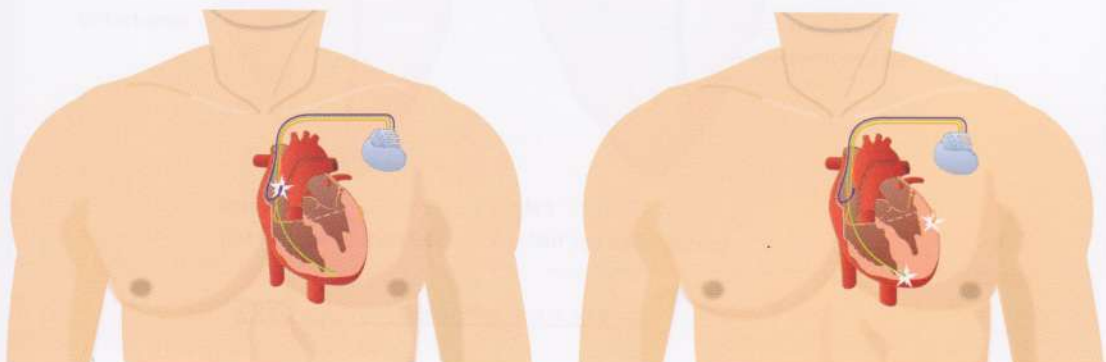
opdracht 4

Pacemakers (examen havo 2010-1 / 2010-1 (pilot))

De laatste jaren krijgen meer patiënten met een hartritmestoornis een pacemaker ingebouwd dan vroeger. Oude pacemakers hadden één draadje en gaven steeds een stroomstootje zodat het hart regelmatig bleef kloppen. De nieuwere types zijn uitgerust met drie draden en geven alleen een stroomstootje als het hart het laat afweten.

In afbeelding 66 is schematisch weergegeven hoe de driedraadspacemaker op twee momenten elektrische impulsen afgeeft aan het hart.

► Afb. 66



Oude pacemakers bevatten maar één draad die regelmatig een stroomstootje afgeeft, waardoor de hartspier na de rustfase zich gaat samentrekken.

- 1 Met welk draadje van de driedraadspacemaker (zie afbeelding 66) komt die ene draad uit de oude pacemakers overeen?
 - A Met een draad die eindigt in de linkerboezem.
 - B Met een draad die eindigt in de rechterboezem.
 - C Met een draad die eindigt in de linkerkamer.
 - D Met een draad die eindigt in de rechterkamer.

- 2 Artsen spreken niet meer van hartritmestoornissen maar van hartfalen als ook de samentrekking van de hartspiercellen niet meer synchroon verloopt. Het hart pompt dan niet efficiënt. Kleppen staan open als ze dicht moeten zijn. Leg in twee stappen uit waardoor het hart inefficiënt werkt als de hartkleppen openstaan, terwijl ze dicht moeten zijn.

- 3 De hartslag begint met het samentrekken van de boezems. Bij mensen met hartfalen reageren de boezems te traag of juist te vroeg. Wat is het directe gevolg van het te vroeg samentrekken van de spieren van de rechterboezem?
 - A Er stroomt minder bloed in de linkerboezem.
 - B Er stroomt minder bloed naar de rechterkamer.
 - C Het bloed stroomt met hogere snelheid naar de linkerboezem.
 - D Het bloed stroomt met hogere snelheid naar de rechterkamer.

- 4 Meestal wordt de pacemaker onder het sleutelbeen aangebracht. De draden worden via bloedvaten naar het hart geleid en met kleine haakjes op drie plaatsen in of aan het hart vastgemaakt. Welk bloedvat is het meest geschikt om de draden het hart binnen te laten komen?
 - A De aorta.
 - B De bovenste holle ader.
 - C De longslagader.
 - D De onderste holle ader.
 - E Eén van de longaders.

7 De bouw van een zoogdierhart

In de basisstof is de bouw van het hart van de mens behandeld. In deze verrijkingstof ga je in een practicum de bouw van het hart van een zoogdier bestuderen. Het hart is afkomstig van een kalf, van een schaap of van een varken.

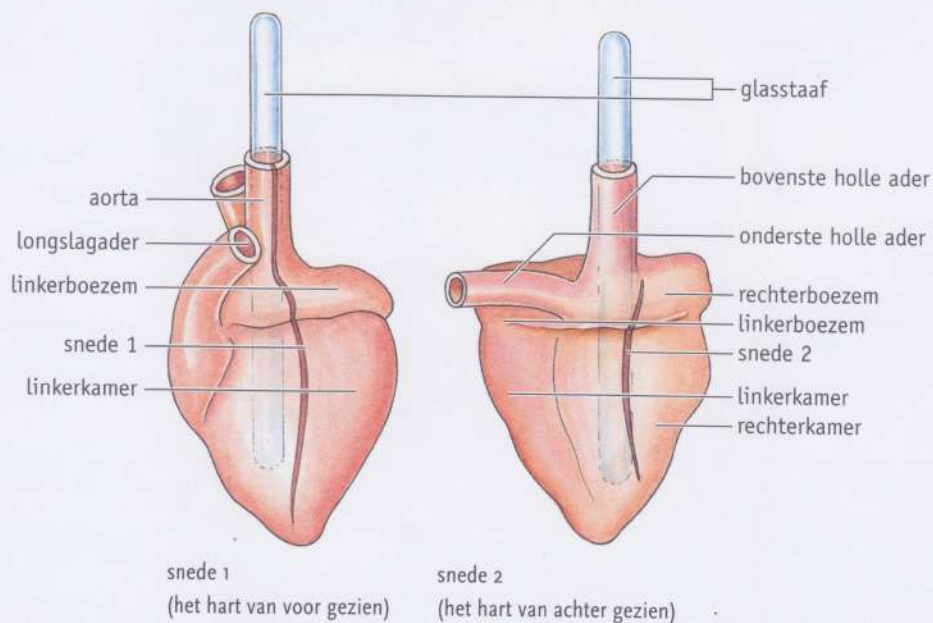
opdracht 1

PRACTICUM

DE BOUW VAN EEN ZOOGDIERHART

Inleiding	In dit practicum vergelijk je de uitwendige en inwendige bouw van een zoogdierhart met de bouw van het hart van een mens.
Materiaal	<ul style="list-style-type: none"> – een vers hart van een schaap of varken met daaraan delen van aansluitende bloedvaten – prepareermateriaal, waaronder een snijbord, glasstaaf en scalpel – tekenbenodigdheden
Methode	<ul style="list-style-type: none"> – Verwijder zo nodig het vet rondom het hart. – Maak een tekening van het buitenaanzicht van de voorzijde van het hart. Noteer de namen van de hartdelen en de bloedvaten. – Plaats de glasstaaf door de aorta tot in het onderste puntje van de linkerkamer. Snijd langs deze lijn voorzichtig de aorta, linkerboezem en linkerkamer open (zie afbeelding 67). – Maak een tekening van de binnenzijde van het linkergedeelte van het hart. Noteer de namen van de hartdelen en de bloedvaten. – Keer het hart om zodat je de achterkant van het hart kunt zien. Plaats de glasstaaf door de bovenste holle ader tot in het onderste deel van de rechterkamer. Snijd langs de staaf voorzichtig de bovenste holle ader, de rechterboezem en de rechterkamer open. – Maak een tekening van de binnenzijde van het rechtergedeelte van het hart. Noteer de namen van de hartdelen en de bloedvaten.

▼ **Afb. 67** Buitenaanzichten van het hart met sneden (schematisch).



WEB meer verrijkingstoffen vind je op ePack

6

Gaswisseling en uitscheiding



BASISSTOF

- 1 Het ademhalingsstelsel van de mens 110
- 2 Longventilatie 117
- 3 Ademvolume en ademfrequentie 121
- 4 De lever 127
- 5 De nieren en de urinewegen 132

SAMENVATTING 137

DIAGNOSTISCHE TOETS 140

EINDOPDRACHT 150

VERRIJKINGSSTOF 155

1 Duiken 155

Gaswisseling is de verplaatsing van de gassen zuurstof en koolstofdioxide tussen het inwendige en het uitwendige milieu. Dit gebeurt door diffusie.

Het eerste deel van dit thema gaat over de gaswisseling bij de mens. Aan de orde komen onder andere de bouw en functie van de gaswisselingsorganen en de manier waarop de ademhalingsbewegingen tot stand komen.

Uitscheiding is de afgifte van overtollige en schadelijke stoffen aan het milieu. Hierbij spelen onder andere de lever en de nieren een rol. In het tweede deel van dit thema worden de bouw en functie van deze organen behandeld.

1 Het ademhalingsstelsel van de mens

Het ademhalingsstelsel bestaat uit de longen en de luchtwegen. Met het ademhalingsstelsel neemt het lichaam gassen uit de lucht op en geeft het gassen aan de lucht af. Voor het goed functioneren van deze **gaswisseling** zijn gezonde longen belangrijk. Niet iedereen heeft gezonde longen. Om na te gaan hoe goed de longen werken, kan een longfunctietest worden gedaan (zie de context 'Longfunctietest in het ziekenhuis').

LONGFUNCTIETEST IN HET ZIEKENHUIS

Veel mensen hebben moeite met hun ademhaling, bijvoorbeeld omdat ze astma hebben. Door een longfunctietest wordt bepaald hoe goed de ademhaling verloopt. Bij deze test wordt de luchtstroom gemeten die je, na diep inademen, in 1 seconde kunt uitblazen: de peak flow (zie afbeelding 1).

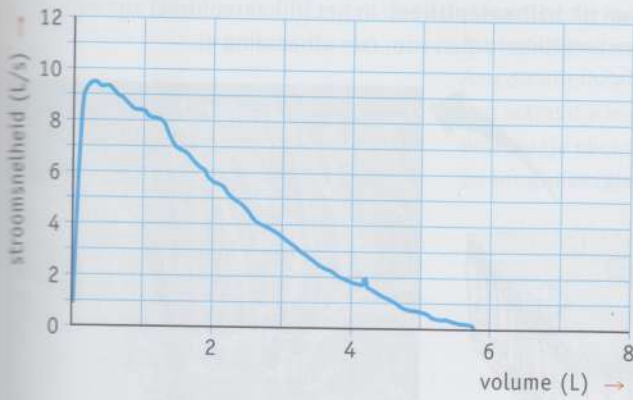
Jonge mensen die geen vernauwing van de luchtwegen hebben, kunnen minimaal 80% van de lucht die ze inademen, in 1 seconde uitblazen. Bij een luchtwegvernauwing (bijvoorbeeld door astma) lukt dat niet meer en doe je er langer over om die lucht uit te blazen. Margareth Siemons-Wokke is verpleegkundig specialist kinderlongziekten in het Medisch Centrum Alkmaar. Zij weet heel veel van de interpretatie van de longfunctietest en van de beste methode om eventuele medicatie toe te passen bij kinderen. Normaal ziet de grafiek van de test eruit als in afbeelding 2. Bij ademvernauwing haalt de lijn een lager eindniveau of heeft een ander, vaak minder steil, verloop.

Na bestudering van deze grafiek en in overleg met de kinderarts geeft Margareth instructies aan ouders hoe ze om kunnen gaan met de gevolgen van vernauwing van de luchtwegen bij hun kinderen. Bijvoorbeeld over het gebruik van een medicijn. Dit wordt vaak met een inhalator rechtstreeks aan de luchtwegen toegediend (zie afbeelding 3).

▼ Afb. 1 Longfunctietest.



▼ Afb. 2 Grafiek van de longfunctietest.



▼ Afb. 3 Inhalator.

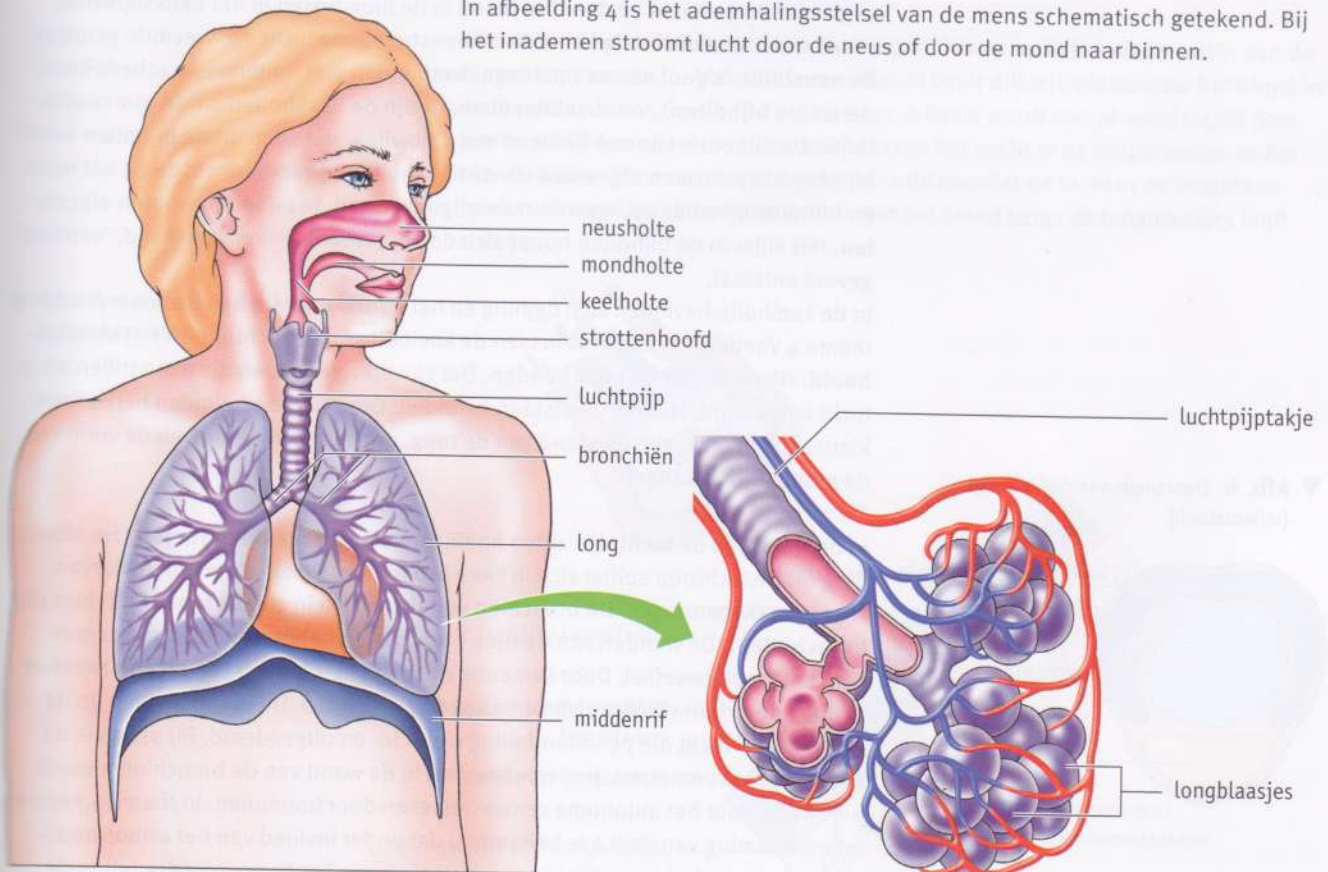


opdracht 1

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Floor heeft longproblemen. Tijdens een longfunctietest kon zij slechts 40% van de ingeademde lucht in 1 seconde uitblazen. Wat is een nadeel van deze lage waarde?
- 2 Welk voordeel heeft het om bij een ziekte als astma medicijnen via een inhalator toe te dienen en niet een pil of injectie te geven?
- 3 Leg uit dat mensen met astma juist tijdens sport problemen hebben.

▼ Afb. 4 Het ademhalingsstelsel van de mens (schematisch).

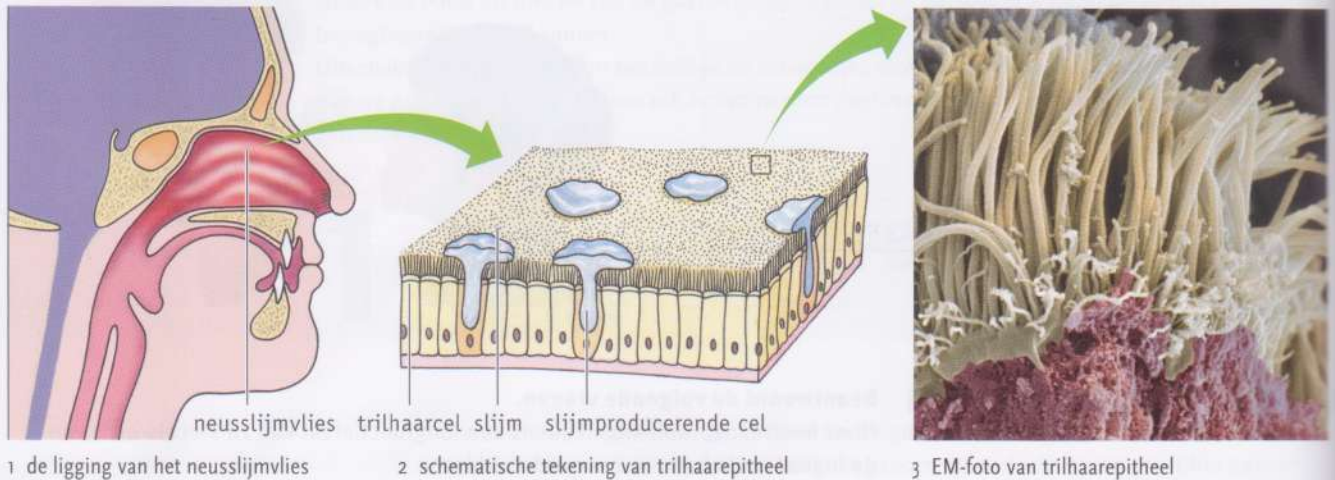


In afbeelding 4 is het ademhalingsstelsel van de mens schematisch getekend. Bij het inademen stroomt lucht door de neus of door de mond naar binnen.

doorsnede

2 longblaasjes

▼ Afb. 5 Het neusslijmvlies.



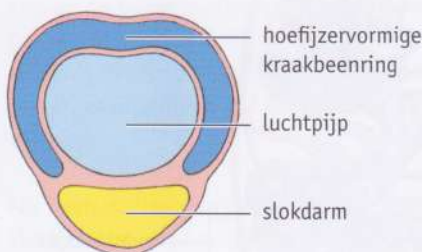
De neusholte is bekleed met **neusslijmvlies**. De buitenste laag cellen van het neusslijmvlies bestaat uit **trilhaarepithel**. In het trilhaarepithel komen slijmproducerende cellen en trilhaarcellen voor (zie afbeelding 5).

Door verschillende oorzaken is inademen door de neus gezonder dan inademen door de mond. Neusharen houden grote ingeademde stofdeeltjes tegen. Kleine stofdeeltjes en ziekteverwekkers blijven aan het slijm op het neusslijmvlies kleven. Bewegingen van de trilharen brengen het slijm naar de keelholte, waar het samen met speeksel wordt doorgeslikt. De binnenstromende lucht wordt door het slijm vochtig gemaakt en door het bloed in de bloedvaten in het neusslijmvlies verwarmd. Het reukzintuig keurt de binnenstromende lucht op 'vreemde geurtjes'. De neusholte is door nauwe openingen verbonden met holten in de schedelbeenderen (de **bijholten**). Voorbeelden daarvan zijn de kaakholten en de voorhoofds holte. De bijholten zijn ook bekleed met slijmvlies. Het slijm uit de bijholten wordt bij gezonde personen afgevoerd via de neusholte. Bij verkoudheid zwelt het neus- en bijholteslijmvlies op, waardoor de uitgangen van de bijholten worden afgesloten. Het slijm in de bijholten hoopt zich dan op, waardoor een drukkend, 'verstopt' gevoel ontstaat.

In de keelholte bevinden zich de huig en het strotklepje. De functies daarvan zijn in thema 4 Voeding behandeld. Tussen de keelholte en de luchtpijp zit het **strottenhoofd**. Hierin liggen de **stembanden**. Dat zijn stevige vliezen die gaan trillen als er lucht langs komt. Hierdoor ontstaan geluiden. Om van deze geluiden herkenbare klanken te maken, zijn de stand van de tong, de tanden en lippen en de vorm van de mondholte belangrijk.

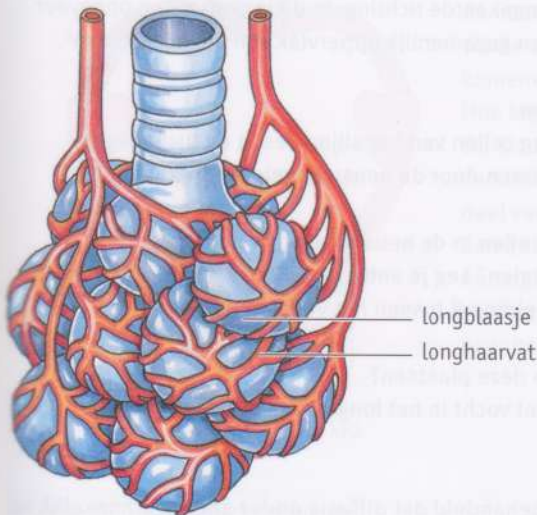
In de wand van de **luchtpijp** zitten hoefijzervormige **kraakbeenringen** (zie afbeelding 6). De luchtpijp splitst zich in twee **bronchiën**. Ook in de wanden hiervan zitten kraakbeenringen. De bronchiën vertakken zich in steeds fijnere zijtakjes (de **bronchiolen**). De wanden van de fijne bronchiolen hebben geen kraakbeenringen, maar spierweefsel. Door samentrekking of ontspanning van dit spierweefsel kunnen deze bronchiolen zich vernauwen of verwijden. Dit is van invloed op de hoeveelheid lucht die per ademhaling wordt in- en uitgeademd. Bij astma is dit gedeelte vaak vernauwd. Het spierweefsel in de wand van de bronchiolen wordt beïnvloed door het autonome zenuwstelsel en door hormonen. In thema 6 Regeling en waarneming van deel 4 is behandeld dat onder invloed van het orthosympatische deel van het autonome zenuwstelsel en van het hormoon **adrenaline** de bronchiolen worden verwijden.

▼ Afb. 6 Doorsnede van de luchtpijp (schematisch).

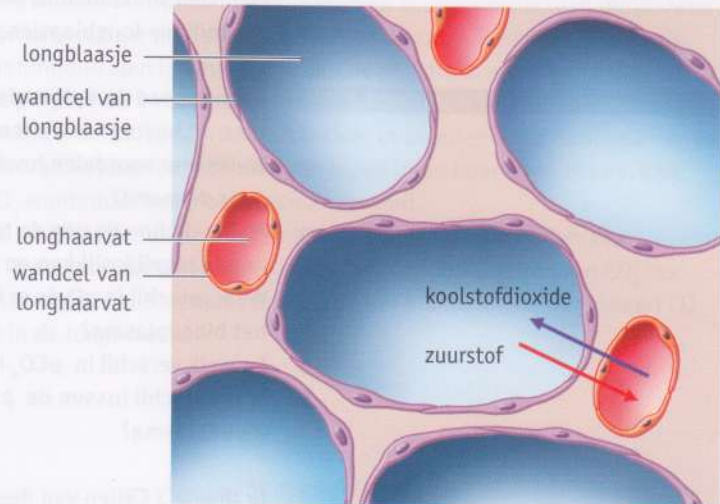


De binnenwand van de luchtpijp, bronchiën en bronchiolen is bekleed met slijmvlies. De buitenste laag cellen van dit slijmvlies bestaat uit trilhaarepitheel. Als het slijmvlies wordt geprikkeld (bijvoorbeeld door stofdeeltjes), ga je hoesten. Aan de uiteinden van de fijnste bronchiolen zitten de **longblaasjes**. Die hebben een wand die maar één cellaag dik is en die aan de binnenkant is bedekt met een dun laagje vocht. Om de longblaasjes heen zit een netwerk van fijne bloedvaatjes, de **longhaarvaten** (zie afbeelding 7).

▼ **Afb. 7** Longblaasjes met longhaarvaten (schematisch).



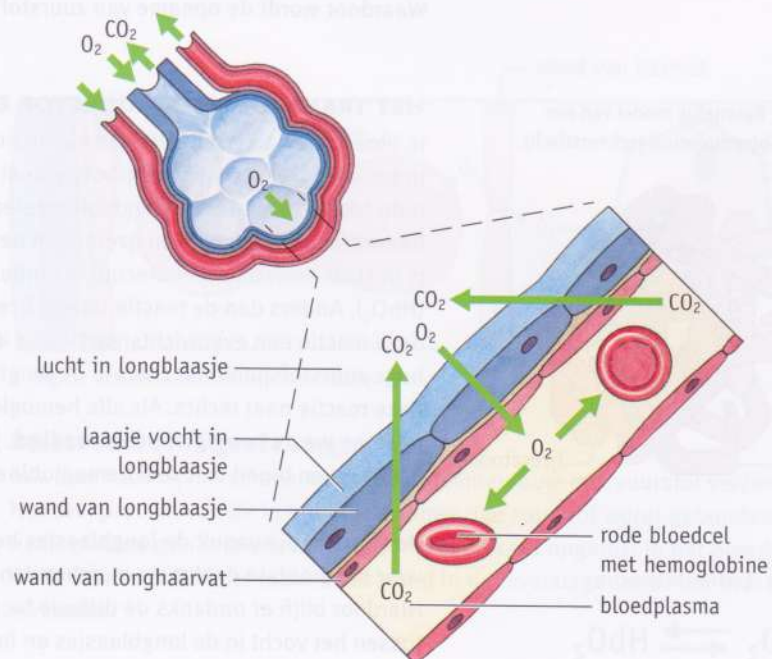
1 buitenaanzicht



2 doorsnede van een deel van de longen

Vanuit de lucht in de longblaasjes lost zuurstof eerst op in het laagje vocht aan de binnenkant van de longblaasjes; van daaruit vindt diffusie plaats naar het bloed in de longhaarvaten (zie afbeelding 8). Deze diffusie wordt vooral veroorzaakt door het verschil in zuurstofspanning (pO_2) tussen het vocht in de longblaasjes en het bloedplasma. Dit verschil wordt gehandhaafd doordat de lucht in de longblaasjes voortdurend wordt verversd en doordat het bloed langs de longblaasjes blijft stromen.

► **Afb. 8** Gaswisseling tussen longblaasjes en longhaarvaten.



In de longhaarvaten zit koolstofdioxide, onder andere opgelost in het bloedplasma. Door het verschil in koolstofdioxidespanning ($p\text{CO}_2$) vindt diffusie plaats van het bloedplasma naar het vocht in de longblaasjes. Van daaruit wordt koolstofdioxide afgegeven aan de lucht in de longblaasjes.

Lucht bestaat voor ongeveer 78% uit stikstof. Er is echter geen verschil in stikstofdruk ($p\text{N}_2$) tussen de lucht in de longblaasjes en het bloedplasma. Er gaan wel stikstofmoleculen vanuit de lucht in de longblaasjes naar het bloedplasma, maar er gaan evenveel stikstofmoleculen in omgekeerde richting. In de longen zitten ongeveer 750 miljoen longblaasjes, met een gezamenlijk oppervlak van ongeveer 80 m^2 .

opdracht 2

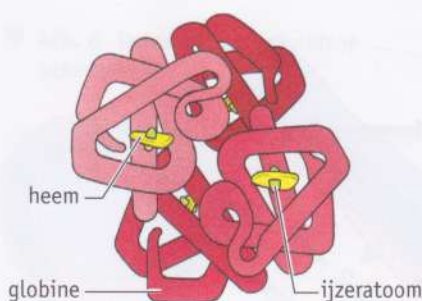
Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Waaruit bestaat de buitenste laag cellen van het slijmvlies in de luchtwegen?
- 2 Welke vier voordelen heeft inademen door de neus, vergeleken met inademen door de mond?
- 3 Wat is de functie van de trilhaarcellen in de neusholte en in de luchtpijp?
- 4 Kun je tegelijk slikken en ademhalen? Leg je antwoord uit.
- 5 Welk verschil in $p\text{O}_2$ is er in afbeelding 8 tussen het vocht in het longblaasje en het bloedplasma?
- 6 En welk verschil in $p\text{CO}_2$ is er op deze plaatsen?
- 7 Is er verschil tussen de $p\text{N}_2$ in het vocht in het longblaasje en de $p\text{N}_2$ in het bloedplasma?

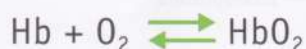
In thema 2 Cellen van deel 4 is behandeld dat diffusie onder andere afhankelijk is van het diffusieoppervlak, de diffusieafstand en het drukverschil. Door de bouw en de werking van het ademhalingsstelsel van de mens worden deze factoren gunstig beïnvloed. Hierdoor kan de diffusie snel plaatsvinden.

- 8 Beschrijf op welke manier in het ademhalingsstelsel van de mens het diffusieoppervlak gunstig wordt beïnvloed.
- 9 Beschrijf ook op welke manier de diffusieafstand gunstig wordt beïnvloed.
- 10 Beschrijf twee manieren waarop het verschil in zuurstofdruk en koolstofdioxidedruk gunstig wordt beïnvloed.
- 11 Iemand gaat op een zeer koude winterdag naar buiten en ademt ijskoude lucht in. Waardoor wordt de opname van zuurstof in het bloed door diffusie nu moeilijker?

- ▼ Afb. 9 Ruimtelijk model van een hemoglobinemolecuul (schematisch).



- ▼ Afb. 10 Evenwichtsreactie.

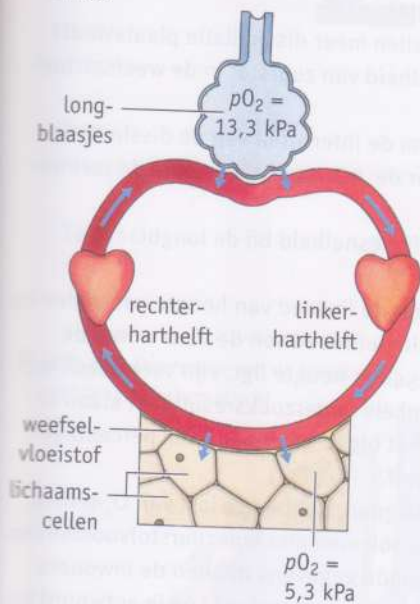


HET TRANSPORT VAN ZUURSTOF EN KOOLSTOFDIOXIDE

In bloedplasma kan slechts een kleine hoeveelheid zuurstof oplossen. De zuurstof in het bloed wordt voor het grootste deel gebonden aan **hemoglobine** (Hb) in de rode bloedcellen. Een hemoglobinemolecuul bestaat uit het eiwit **globine** en vier **heemgroepen**, die elk een ijzeratoom bevatten (zie afbeelding 9). Elk ijzeratoom is in staat een zuurstofmolecuul te binden. Hierdoor ontstaat **oxyhemoglobine** (HbO_2). Anders dan de reactie tussen ijzer en zuurstof die je kent van roesten, is deze reactie een evenwichtsreactie (zie afbeelding 10). In een omgeving met een hoge zuurstofspanning, zoals in de longhaarvaten (zie afbeelding 11), verloopt deze reactie naar rechts. Als alle hemoglobine is omgezet in oxyhemoglobine noemen we de hemoglobine **verzadigd**. Bloed met veel oxyhemoglobine is lichtrood en bloed met veel hemoglobine donkerrood.

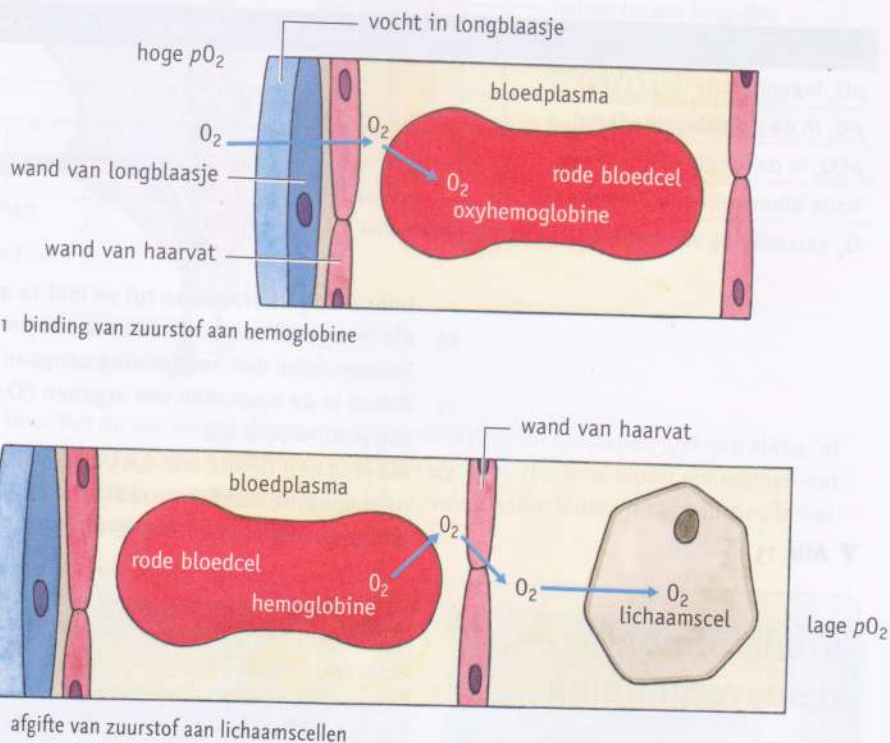
De zuurstof die vanuit de longblaasjes het bloedplasma in diffundeert, wordt voor het grootste deel meteen gebonden aan hemoglobine (zie afbeelding 12.1). Hierdoor blijft er ondanks de diffusie toch een verschil in zuurstofspanning bestaan tussen het vocht in de longblaasjes en het bloedplasma.

▼ Afb. 11 De pO_2 van het bloed in de grote en kleine bloedsomloop bij een persoon in rust.



De diffusie blijft daardoor doorgaan. Pas als de hemoglobine vrijwel geheel is verzadigd met zuurstof, kan de zuurstofspanning van het bloedplasma gelijk worden aan die van het vocht in de longblaasjes. In 100 mL bloed heeft de hemoglobine dan ongeveer 20 mL zuurstof gebonden; in het bloedplasma is dan ongeveer 0,5 mL zuurstof opgelost. In een omgeving met een lage zuurstofspanning zoals in de haarvaten van organen, vindt omzetting van oxyhemoglobine in hemoglobine en zuurstof plaats. Veel van de bindingen tussen zuurstofmoleculen en hemoglobine worden verbroken. De vrijgekomen zuurstofmoleculen diffunderen via de weefselvloeistof naar de cellen (zie afbeelding 12.2). De hoeveelheid vrijkomende zuurstofmoleculen is afhankelijk van de pO_2 die in een weefsel heerst. Hoe lager deze pO_2 is, hoe meer zuurstofmoleculen er vrijkomen. Bij dissimilatie in cellen ontstaat koolstofdioxide. In organen vindt door spanningsverschil diffusie van koolstofdioxide naar het bloed in de haarvaten plaats. Een deel van dit CO_2 wordt door het bloedplasma vervoerd. Een ander deel wordt opgenomen door rode bloedcellen en gebonden aan hemoglobine. In de longhaarvaten laat het aan hemoglobine gebonden CO_2 los en komt weer terecht in het bloedplasma. Vanuit het bloedplasma diffundeert CO_2 naar het vocht in de longblaasjes.

► Afb. 12 Het transport van zuurstof.



opdracht 3

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 In welke haarvaten van een mens raakt hemoglobine met zuurstof verzadigd?
- 2 Hoeveel procent van de in het bloed aanwezige zuurstof wordt gebonden aan hemoglobine getransporteerd? En hoeveel procent opgelost in het bloedplasma?
- 3 Welk kleurverschil is er tussen het bloed in de leverslagader en het bloed in de leverader?

In afbeelding 11 is de pO_2 van het bloed in de grote en kleine bloedsomloop weergegeven bij een persoon in rust.

- 4 Hoe groot is de pO_2 van lichaamscellen in rust?
- 5 Hoe verandert deze pO_2 als in de lichaamscellen meer dissimilatie plaatsvindt?
- 6 Welke gevolgen heeft dit voor de diffusiesnelheid van zuurstof in de weefselvloeistof rondom deze lichaamscellen?
- 7 Als in cellen in een groot deel van het lichaam de intensiteit van de dissimilatie toeneemt, welke gevolgen heeft dat dan voor de pO_2 van het bloed in de rechterharthelft?
- 8 En welke gevolgen heeft dat dan voor de diffusiesnelheid bij de longblaasjes?

In Peru is fysiologisch onderzoek gedaan naar de invloed van hoogteverschillen op de ademhaling en op het zuurstoftransport in het bloed van de daar wonende mensen. Inwoners van Morococha, dat op 4540 m hoogte ligt, zijn vergeleken met inwoners van Lima, dat op zeeniveau ligt. Enkele onderzoeksresultaten staan in tabel 1. Het percentage O_2 -verzadiging van het bloed geeft aan welk percentage van de hemoglobine verzadigd is met zuurstof.

Wanneer inwoners van Lima naar Morococha gaan, hebben ze last van O_2 -tekort. De inwoners van Morococha hebben geen problemen met hun zuurstofvoorziening.

- 9 In verband met welk van de in tabel 1 genoemde gegevens hebben de inwoners van Morococha geen problemen met hun zuurstofvoorziening? Leg je antwoord uit.

▼ Tabel 1

	Morococha (4540 m hoogte)	Lima (zeeniveau)
pO_2 ingeademde lucht (kPa)	12,3	19,9
pO_2 in de longblaasjes (kPa)	6,8	13,9
pCO_2 in de longblaasjes (kPa)	3,9	5,2
Rode bloedcellen (miljoen/mm ³)	6,4	5,1
O_2 -verzadiging van het bloed in de slagaders (%)	81	98

Gebruik bij de vragen 10 tot en met 12 afbeelding 13.

- 10 Als je tegelijk zuurstof en koolstofmono-oxide inademt, met welk gas zal hemoglobine dan een binding aangaan?
- 11 Zullen in de haarvaten van organen CO-moleculen vrijkomen uit het hemoglobine? Leg je antwoord uit.
- 12 Als je in een ruimte met 0,05% CO verblijft, raakt al bijna de helft van je hemoglobine met CO verzadigd. Welke gevolgen heeft het verblijf in zo'n ruimte?

▼ Afb. 13

Koolstofmono-oxidevergiftiging

In een woning in Enschede zijn zaterdag drie mensen om het leven gekomen door koolstofmono-oxidevergiftiging als gevolg van een lekkage in een centrale-verwarmingssketel. De slachtoffers zijn de 30-jarige G.B. en zijn twee zoontjes van 4 en 1 jaar.

De 28-jarige echtgenote en een 3-jarig zoontje zijn met vergiftigingsverschijnselen opgenomen in een ziekenhuis. Zij verkeren buiten levensgevaar. De vrouw is op een gegeven moment wakker geworden, doordat zij zich onwel voelde. Zij slaagde erin de politie te bellen, waarbij zij zeer verward overkwam. Toen de ambulance arriveerde, bleken drie gezinsleden te zijn overleden.

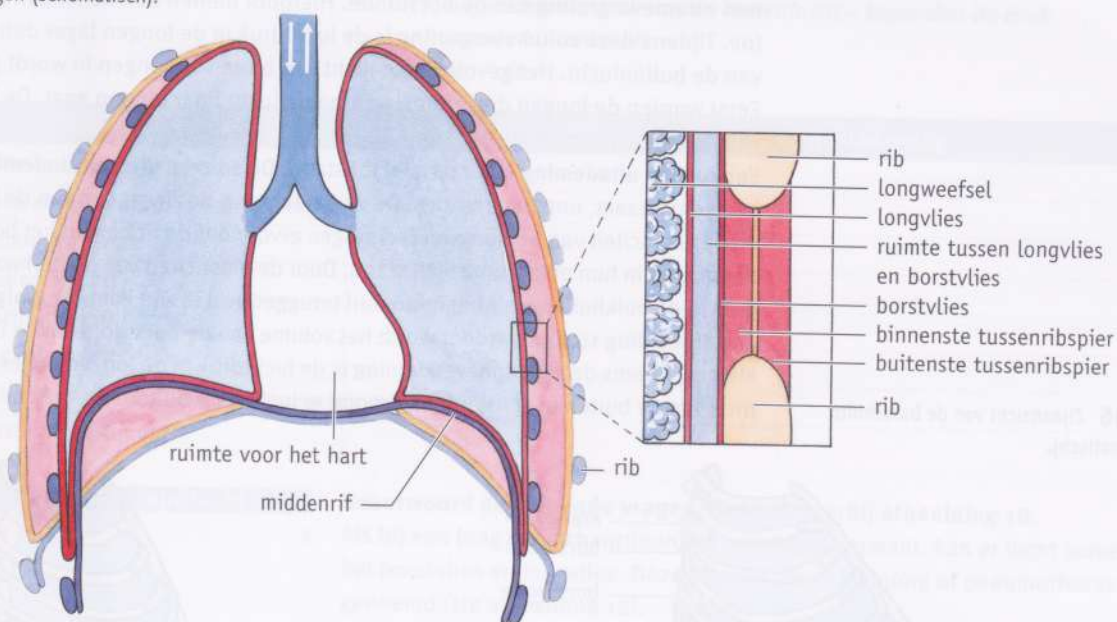
Koolstofmono-oxide (CO) is een reukloos gas. Dit gas ontstaat in verwarmingssketels en geisers, vooral als er onvoldoende zuurstof is (bijvoorbeeld in een slecht geventileerde ruimte). Na inademing bindt CO op dezelfde plaats in het Hb-molecuul als O_2 , maar ongeveer 200x sterker. Deze verbinding wordt daardoor niet gemakkelijk verbroken.

2 Longventilatie

De longen liggen in de borstholte. De borstholte is aan de onderkant begrensd door het **middenrif**. Het middenrif is een koepelvormige, gespierde plaat. De zijwanden van de borstholte worden gevormd door de ribben en de **binnenste** en **buitenste tussenribspieren** (zie afbeelding 14). Elke long is omgeven door twee vliezen. Het **longvlies** ligt tegen de longen aan en is ermee vergroeid. Het **borstvlies** is vergroeid met de ribben, de binnenste tussenribspieren en het middenrif.

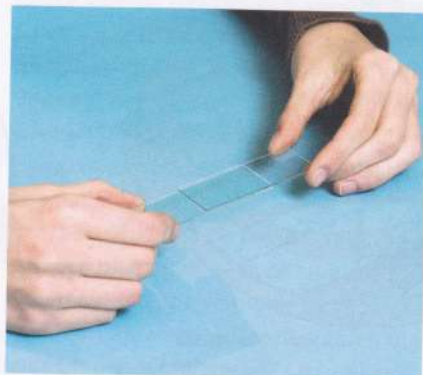
In de ruimte tussen longvlies en borstvlies zit alleen een dunne laag vloeistof en geen lucht. De vliezen zitten tegen elkaar geplakt als twee voorwerpglasjes waar een dun laagje water tussen zit (zie afbeelding 15).

▼ Afb. 14 Doorsnede van de borstholte met longen (schematisch).

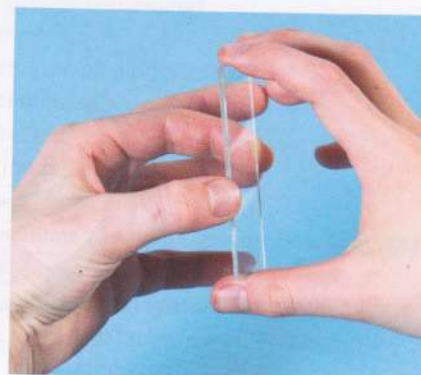


Door het dunne laagje vloeistof kunnen longvlies en borstvlies niet van elkaar af gaan, maar wel ten opzichte van elkaar schuiven. Hierdoor wordt voorkomen dat ruwe, plotselinge bewegingen van het bovenlichaam leiden tot scheurtjes in het tere longweefsel.

► Afb. 15 Twee voorwerpglasjes met een dun laagje water.



1 je kunt ze gemakkelijk over elkaar schuiven



2 je kunt ze heel moeilijk van elkaar lostrekken

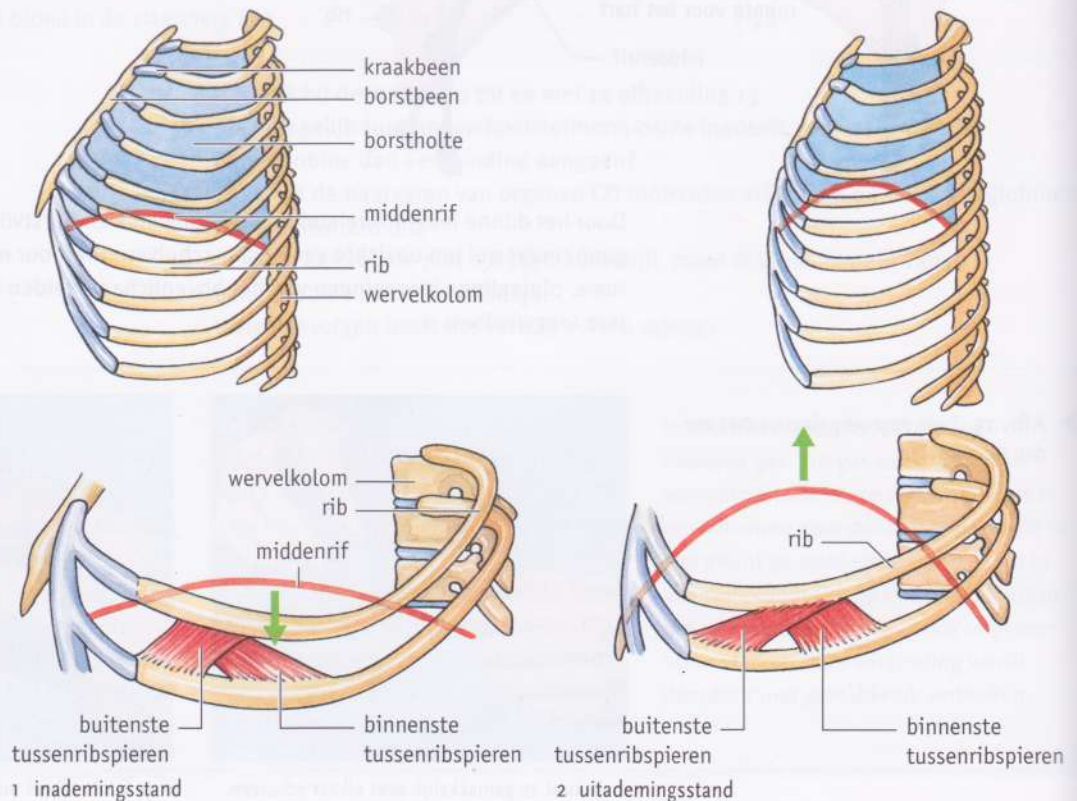
Het longweefsel is elastisch en verkeert in een 'uitgerekte' toestand. Hierdoor heerst er in de ruimte tussen longvlies en borstvlies een druk die lager is dan de druk van de buitenlucht. Door te ademen wordt de lucht in de longen voortdurend ververst. We noemen dat **ventilatie**. In- en uitademingen komen tot stand door bewegingen van ribben, borstbeen en middenrif. Bij **ribademhaling** (of **borstademhaling**) bewegen de ribben en het borstbeen.

Bij **middenrifademhaling** (of **buikademhaling**) beweegt het middenrif. Als je normaal ademaalt, vinden de ventilatiebewegingen van ribademhaling en middenrifademhaling tegelijkertijd plaats.

Een **rustige inademing** komt tot stand doordat de buitenste tussenribspieren de ribben en het borstbeen omhoog en naar voren trekken. Tegelijkertijd platten de middenrifspieren het middenrif af (zie afbeelding 16.1). Door het afplatten van het middenrif worden de organen in de buikholte weggedrukt en komt de buikwand iets naar voren. Deze bewegingen van ribben, borstbeen en middenrif veroorzaken een volumevergroting van de borstholte. Hierdoor nemen ook de longen in volume toe. Tijdens deze volumevergroting is de luchtdruk in de longen lager dan de druk van de buitenlucht. Het gevolg is dat lucht van buiten de longen in wordt gezogen. Eerst worden de longen dus groter, waarna de lucht naar binnen gaat. De longen worden niet opgepompt!

Een **rustige uitademing** komt passief tot stand. De spieren die een inademing hebben veroorzaakt, ontspannen zich. De veerkracht van de zijwanden van de borstholte en de elasticiteit van het longweefsel zorgen ervoor dat de ribben en het borstbeen terugkeren in hun oorspronkelijke stand. Door de elasticiteit van de buikwand en de druk in de buikholte wordt het middenrif teruggeduwd in zijn koepelvormige stand (zie afbeelding 16.2). Daardoor wordt het volume van de borstholte en de longen kleiner. Tijdens deze volumeverkleining is de luchtdruk in de longen hoger dan de druk van de buitenlucht. Hierdoor stroomt er lucht naar buiten.

▼ **Afb. 16** Zijaanzicht van de borstholte (schematisch).



Bij een **diepe inademing** kunnen spieren in de hals zich samentrekken. Hierdoor gaan de ribben en het borstbeen nog verder omhoog en naar voren. Bij een **diepe uitademing** (bijvoorbeeld bij hoesten) kunnen de binnenste tussenribspieren zich samentrekken, waardoor de borstkas veel kleiner wordt gemaakt. Bovendien kunnen spieren in de buikwand zich samentrekken. Door de verhoogde druk in de buikholte wordt het middenrif omhooggeduwd.

opdracht 4

Neem het volgende schema over en vul het in. Gebruik daarbij:

- bij 1: *ontspannen zich – trekken zich samen*;
- bij 2: *omhoog en naar voren – omlaag*;
- bij 3: *ontspannen zich – trekken zich samen*;
- bij 4: *omhoog – omlaag*;
- bij 5: *groter – kleiner*;
- bij 6: *groter – kleiner*;
- bij 7: *hoger dan de druk van de buitenlucht – lager dan de druk van de buitenlucht*;
- bij 8: *in – uit*.

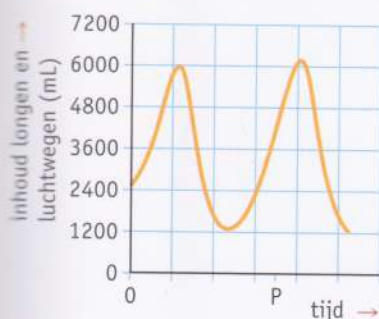
	Bij inademing	Bij uitademing
1 De buitenste tussenribspieren		
2 De ribben en het borstbeen staan		
3 De middenrifspieren		
4 Het middenrif gaat		
5 De borstholte wordt		
6 Het longvolume wordt		
7 De luchtdruk in de longblaasjes is		
8 Lucht stroomt de longen		

opdracht 5

Beantwoord de volgende vragen. Gebruik hierbij afbeelding 18.

- 1 Als bij een long een scheurtje in het borstvlies ontstaat, kan er lucht komen tussen het borstvlies en longvlies. Deze situatie wordt klaplong of pneumothorax genoemd (zie afbeelding 18).
Wat zal hiervan het gevolg zijn bij een inademing?
- 2 Waardoor klapt een long in als er lucht komt tussen borstvlies en longvlies?
- 3 Men heeft met een röntgenfoto gekeken of De Jong geen ribben had gebroken. Wat is de mogelijke relatie tussen een ribbreuk en een klaplong?
- 4 Waardoor is een drukverschil in een vliegtuig een extra belasting voor een long die ingeklapt is geweest?
- 5 Welke spieren trekken zich samen bij een rustige inademing?
- 6 En welke spieren bij een diepe inademing?
- 7 Bij hikken trekken de middenrifspieren zich krampachtig samen. Beweegt het middenrif zich dan omhoog of omlaag?
- 8 Gaat bij hikken lucht naar binnen of naar buiten?
- 9 Hoogzwangere vrouwen kunnen niet diep inademen. Leg dat uit.
- 10 In afbeelding 17 is de verandering van het volume van de longen en de luchtwegen van een mens tijdens twee langzame, diepe in- en uitademingen weergegeven. Spieren die bij de ventilatiebewegingen een rol kunnen spelen, zijn onder andere middenrifspieren, tussenribspieren die de ribben omhoogtrekken en tussenribspieren die de ribben omlaagtrekken.
Welke van de genoemde spieren trekken zich op tijdstip P samen?

▼ Afb. 17



▼ Afb. 18

Aanvoerder Ajax uitgeschakeld door klaplong

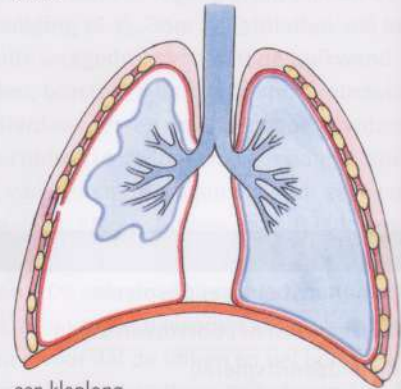
Aanvoerder Siem de Jong is naar schatting van Ajax ongeveer zes weken uitgeschakeld met een klaplong. *Ajax Showtime* onderzocht de gevolgen die een klaplong heeft en nam contact op met het Longfonds. 'Hoe snel er weer topsport kan worden bedreven, verschilt per persoon,' geeft een woordvoerder aan.

Hoe de aanvoerder de blessure heeft opgelopen, is tot op heden niet duidelijk. Dat de long ver is ingeklapt, lijkt wel duidelijk te zijn. De Jong gaf zelf aan dat doktoren bij hem een drain hadden

geplaatst. 'De drain zorgt ervoor dat de long weer op de goede plek ligt. Vervolgens is het een kwestie van herstellen. Daar staat een week of zes voor. Ik ga ervan uit dat de medische staf van Ajax dat goed kan inschatten,' laat de woordvoerder van het Longfonds weten.

De klaplong van De Jong heeft nog meer gevolgen voor de aanvoerder. Zo wordt in de eerste periode het reizen per vliegtuig afgeraden. 'Het drukverschil in een vliegtuig kan een extra belasting zijn voor een long die ingeklapt is geweest. Vliegen wordt daarom de eerste periode afgeraden. Maar ook hier: het verschilt per persoon.' Het is aannemelijk dat De Jong als topsporter sneller herstelt van zijn klaplong dan 'gewone' mensen. 'Maar een

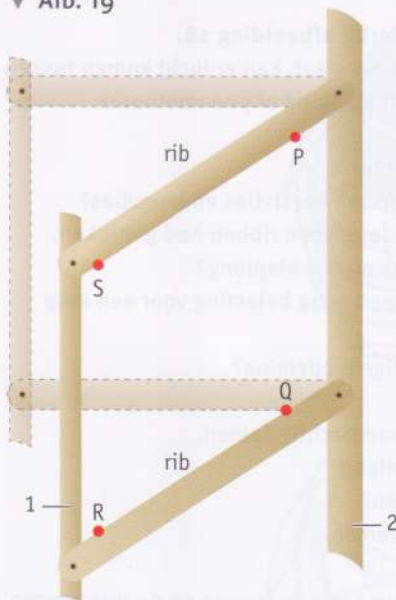
topspporter wil na herstel ook wel weer grote hoogten halen, dus dat heft elkaar misschien weer op. Uiteindelijk is een topsporter dus misschien nog wel langer aan het herstellen. Het is een beetje koffiedik kijken,' sluit de zegsman af. Naar: Jules Pasteuning, in: *Ajax Showtime*.



een klaplong

opdracht 6

▼ Afb. 19



Beantwoord de volgende vragen.

In afbeelding 19 is een model getekend waarmee de ventilatiebewegingen van ribben en borstbeenen kunnen worden nagebootst. P, Q, R en S stellen aanhechtingsplaatsen van tussenribspieren voor.

- 1 Welk deel van de borstkas stelt nummer 1 voor? En welk deel nummer 2?
- 2 Tussen welke aanhechtingsplaatsen bevindt zich een tussenribspier die bij samentrekking een inademing veroorzaakt?
- 3 Tussen welke aanhechtingsplaatsen bevindt zich een tussenribspier die bij samentrekking een uitademing veroorzaakt?
- 4 Wanneer trekt deze tussenribspier zich samen: bij een rustige uitademing, bij een diepe uitademing of bij beide?

3 Ademvolume en ademfrequentie

Een volwassen persoon die rustig ademhaalt, ademt per ademhaling ongeveer 0,5 L lucht in en uit. We noemen deze hoeveelheid het **ademvolume**. Niet al deze lucht bereikt de longblaasjes. Ongeveer 150 mL lucht komt niet verder dan de bronchiën, luchtpijp, keel- of neusholte (de **dode ruimte**) en doet dus niet mee aan de gaswisseling bij de longblaasjes. Deze lucht wordt bij de volgende uitademing 'ongebruikt' weer uitgeademd.

Doordat deze lucht zich mengt met uitgeademde lucht uit de longblaasjes, ontstaan de verschillen in samenstelling tussen uitgeademde lucht en lucht in de longblaasjes (zie tabel 2).

▼ **Tabel 2** Gemiddelde samenstelling van lucht in %.

	Droge buitenlucht	Lucht in longblaasjes	Uitgeademde lucht
N ₂	78,1	74,9	74,5
O ₂	20,9	13,6	15,7
CO ₂	0,04	5,3	3,6
Edelgassen	0,9	0,9	0,9
H ₂ O*	0	5,3	5,1

* De hoeveelheid waterdamp in de buitenlucht is variabel en mede afhankelijk van de temperatuur.

Bij een maximale inademing kan gemiddeld 3,1 L lucht extra worden ingeademd. We noemen deze hoeveelheid het **inspiratoir reservevolume** (inspiratie = inademing).

Bij een maximale uitademing kan gemiddeld 1,2 L lucht extra worden uitgeademd. We noemen dit het **expiratoir reservevolume** (expiratie = uitademing). Er blijft dan gemiddeld nog 1,2 L lucht in de longen achter. Deze lucht wordt het **restvolume** genoemd. Dat restvolume kan wel iets kleiner worden, maar er blijft in alle gevallen lucht achter in de longen.

De hoeveelheid lucht die in één ademhaling maximaal kan worden uitgeademd, heet **vitale capaciteit**.

opdracht 7

Beantwoord de volgende vragen met behulp van tabel 2.

- Als droge buitenlucht wordt ingeademd, wordt deze altijd verzadigd met waterdamp. Drie delen van het ademhalingsstelsel zijn de luchtpijp, de mondholte en de neusholte.
In welke van deze delen neemt de lucht waterdamp op?
- De gemiddelde samenstelling van de uitgeademde lucht verschilt vrij sterk van die in de longblaasjes.
Geef de twee belangrijkste verschillen in samenstelling en noem de oorzaak van beide verschillen.

opdracht 8

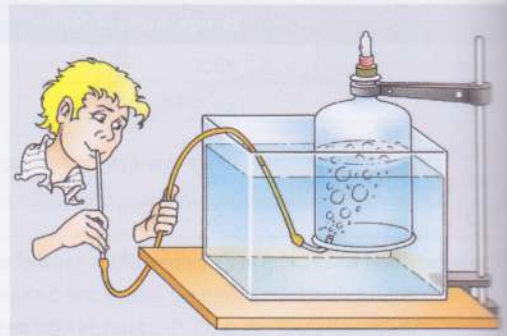
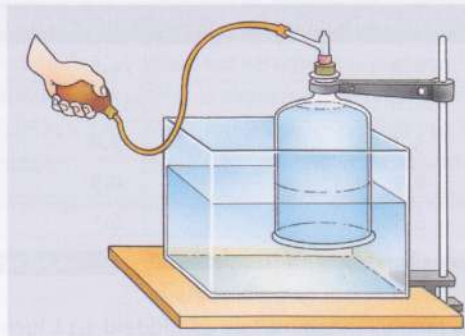
ONDERZOEK BEPALING VAN DE VITALE CAPACITEIT

Observatie	Jongens zijn gemiddeld groter dan meisjes.
Probleemstelling	Hebben jongens gemiddeld grotere longen en dus ook een grotere vitale capaciteit dan meisjes?
Hypothese	Jongens hebben gemiddeld grotere longen en een grotere vitale capaciteit dan meisjes.
Experiment	Met een proefopstelling zoals in afbeelding 20 (spirometer) of 21 (glazen klok) ademen alle leerlingen uit de klas zo diep mogelijk in en daarna zo diep mogelijk uit in de spirometer of door de rubberslang in de klok. Als je de klok gebruikt, moet je eerst met de ballon de lucht uit de klok wegzuigen en het kraantje sluiten. Lees van iedereen de vitale capaciteit af.
Resultaat	Vul alle resultaten in. Gebruik aparte kolommen voor jongens en meisjes. Bereken van jongens en meisjes de gemiddelde vitale capaciteit.
Conclusie	Vergelijk de gemiddelde waarden. Is de uitkomst in overeenstemming met je verwachting?

▼ Afb. 20 Spirometer.



▼ Afb. 21 De vitale capaciteit bepalen.



1 de klok leegzuigen

2 in de klok uitademen

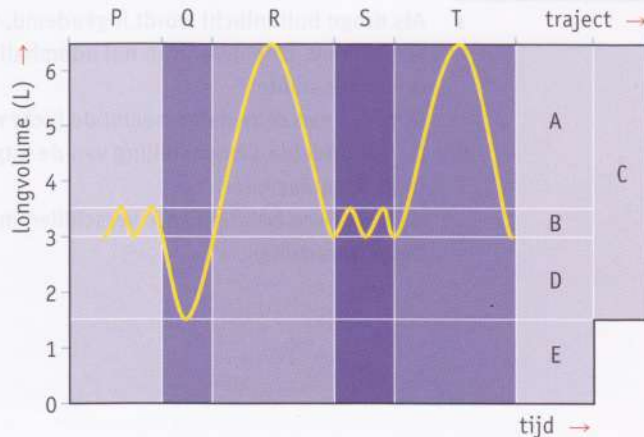
opdracht 9

Beantwoord de volgende vragen.

In afbeelding 22 is het gemiddelde longvolume bij verschillende diepten van ademhaling in een diagram weergegeven.

- In het diagram zijn de trajecten P, Q, R, S en T aangegeven. Noteer wat voor ademhaling in elk van de trajecten is weergegeven.
- In welk traject hebben de binnenste tussenribspieren bijgedragen aan de ademhalingsbeweging?
- En in welke trajecten spieren in de hals?

► Afb. 22

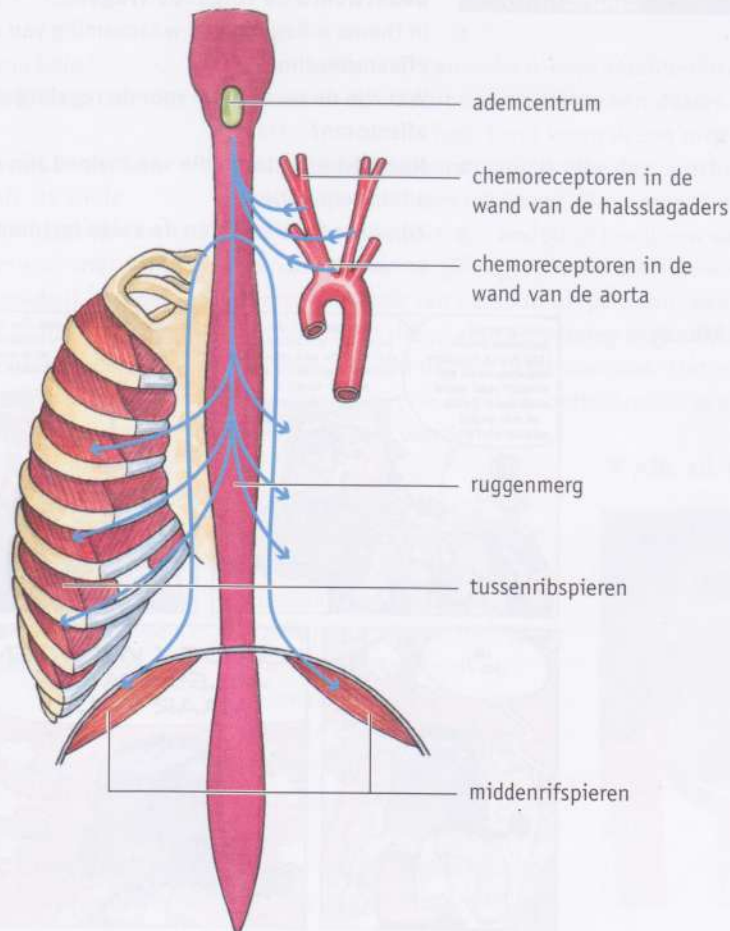


- 4 In het diagram zijn de vakjes A, B, C, D en E aangegeven. Noteer wat elk van deze vakjes weergeeft.
- 5 De inspiratoire capaciteit is de hoeveelheid lucht die je na een rustige ademhaling maximaal kunt inademen. Hoe groot is gemiddeld de inspiratoire capaciteit?
- 6 Hoe groot is gemiddeld het maximale longvolume (totale longvolume of totale longcapaciteit)? En hoe groot is gemiddeld het minimale longvolume?
- 7 Leg uit dat het functioneel is dat je vitale capaciteit niet even groot kan worden als je totale longvolume.

REGELING VAN DE ADEMFREQUENTIE

De diepte en de snelheid waarmee je ademhaalt, worden aangepast aan de omstandigheden. Dit wordt geregeld vanuit het **ademcentrum** in de hersenstam. Het ademcentrum regelt de activiteit van de ademhalingsspieren. In de wand van de halsslagaders en de aorta liggen zintuigcellen die het koolstofdioxidegehalte van het bloed waarnemen. We noemen deze zintuigcellen **chemoreceptoren**. Bij sterke lichamelijke inspanning stijgt de $p\text{CO}_2$ van het bloed. Vanuit de chemoreceptoren gaan dan impulsen via zenuwen naar het ademcentrum (zie afbeelding 23). Van daaruit gaan er impulsen via zenuwen naar de ademhalingsspieren. De ademhalingsspieren trekken zich dan sneller en krachtiger samen. De hoeveelheid geventileerde lucht kan daardoor wel 20x zo groot worden als in een toestand van lichamelijke ontspanning.

► Afb. 23 Regeling van de ventilatie.



De chemoreceptoren in de wand van de halsslagaders en de aorta worden ook beïnvloed door het zuurstofgehalte van het bloed. Dit is onder andere van invloed wanneer je op grote hoogte verblijft. Door de lagere luchtdruk wordt op grote hoogte minder snel zuurstof in het bloed opgenomen dan op zeeniveau. Een lage pO_2 van het bloed maakt de chemoreceptoren gevoeliger voor de pCO_2 van het bloed. Daardoor haal je op grote hoogte sneller en dieper adem dan op zeeniveau, ook al is de pCO_2 van je bloed gelijk. Ook wordt bij een geringe stijging van de pCO_2 van het bloed op grote hoogte de ademfrequentie meer versneld dan op zeeniveau. Behalve deze onbewuste regeling kun je je ademfrequentie ook bewust versnellen of vertragen. Dit regel je vanuit de grote hersenen. Zodra de bewuste beïnvloeding vanuit de grote hersenen stopt, wordt de ademhaling weer onbewust geregeld vanuit het ademcentrum in de hersenstam.

Bij sommige mensen hebben sterke emoties invloed op de ademfrequentie. Als deze mensen angstig, woedend of zenuwachtig zijn, ademen ze te snel en te diep. Ze hebben dan last van **hyperventilatie**. Door de versnelde ademhaling is het koolstofdioxidegehalte van het bloed lager dan normaal. Dit kan leiden tot vervelende gewaarwordingen (een benauwd gevoel, duizeligheid, een droge mond, een waas voor de ogen en zelfs flauwvallen). Een aanval van hyperventilatie kan worden tegengegaan door in en uit te ademen in een papieren zak (zie afbeelding 24). Door deze manier van ademen stijgt het koolstofdioxidegehalte van het bloed weer naar een normale waarde. Op de lange duur kan hyperventilatie worden tegengegaan door regelmatig ademhalingsoefeningen te doen.

- ▼ **Afb. 24** Het tegengaan van een aanval van hyperventilatie.



ademen in een papieren zak

opdracht 10

Beantwoord de volgende vragen.

- In thema 6 Regeling en waarneming van deel 4 is behandeld wat receptoren en effectoren zijn. Wat zijn de receptoren voor de regeling van de ademfrequentie? En wat zijn de effectoren?
- Noem twee factoren die van invloed zijn op de onbewuste regeling van de ademfrequentie.
- Zijn deze twee factoren de enige factoren die je ademfrequentie bepalen? Leg je antwoord uit.

- **Afb. 25**



- 4 De beïnvloeding van de ademfrequentie door de pO_2 van het bloed wordt een indirecte beïnvloeding genoemd. Leg dit uit.
- 5 In het stripboek *Asterix in Hispania* komt een jongetje voor dat anderen zijn wil weet op te leggen door langdurig zijn adem in te houden (zie afbeelding 25). Is het mogelijk je adem zo lang in te houden tot de dood erop volgt? Leg je antwoord uit.

ASTMA

Bij astma krijgt iemand het plotseling erg benauwd. Zo'n astma-aanval wordt veroorzaakt doordat het spierweefsel in de wand van de bronchiolen zich onbewust sterk samentrekt. Bovendien is het slijmvlies in de bronchiolen vaak verdikt, waardoor de luchtwegen nog nauwer worden en de ademhaling nog moeizamer verloopt. Vooral het uitademen gaat moeilijk, dan zijn de luchtwegen immers toch al nauw. Een astma-aanval kan heel plotseling komen opzetten en uren of soms enkele dagen aanhouden. Tussen de aanvallen door heeft een astmapatiënt nergens last van en kan hij of zij gewoon overal aan meedoen. Daardoor denken veel mensen dat zo'n aanval 'aanstellerij' is.

Ruim een half miljoen mensen in ons land heeft astma. Wetenschappers zoeken nog naar de precieze oorzaak ervan. In veel gevallen blijkt astma erfelijk. Met een longfunctietest (zie basisstof 1) kan de mate van benauwdheid worden gemeten.

ASTMA EN TOPSPORT

Kun je op topniveau voetballen als je astma hebt?

Ex-international Phillip Cocu heeft jarenlang laten zien dat dit mogelijk is.

Tijdens zijn voetbalcarrière heeft Phillip bewust niet aan de grote klok gehangen dat hij astma heeft. 'Ik wilde voorkomen dat mensen verkeerd over mijn voetbalprestaties oordeelden,' verklaart hij. 'Als ik een keer mijn dag niet had en slechter speelde dan anders, wilde ik niet de kans lopen dat dit ten onrechte met mijn astma in verband werd gebracht. Met medicijnen hield ik mijn gezondheidsklachten goed onder controle, zodat die mijn spel niet nadelig konden beïnvloeden. Klachten krijg ik meestal bij de overgang van warm naar kouder weer, bijvoorbeeld bij de overgang van de zomer naar de herfst. Het koudere weer slaat dan op mijn luchtwegen.'

Cocu laat zich door astma duidelijk niet uit het veld slaan. Nu hij het einde van zijn voetbalcarrière heeft bereikt, heeft hij naar buiten gebracht dat hij astma heeft. 'Ik wil duidelijk maken dat je prima sportprestaties kunt leveren als je deze aandoening hebt.'

'Ik kreeg pas op latere leeftijd last van astma,' onthult Phillip. 'Ik was toen al ver in de twintig en speelde nog bij FC Barcelona. Tijdens een vakantie in Zuid-Spanje moest ik ineens heel veel hoesten en had ik het erg benauwd. Omdat veel familieleden, onder wie mijn vader, ook astma hebben,

vermoedde ik al gauw dat ik mijn klachten in die hoek moest zoeken. Kort daarna stelde een dokter inderdaad vast dat ik astma heb. Eerst kreeg ik een medicijn dat niet zo goed hielp. Daarna ging ik elke dag 's ochtends en 's avonds Pulmicort inhaleren. Dat werkt prima. Zo goed zelfs, dat ik tijdens een wedstrijd nooit een aanval van benauwdheid heb gekregen.' Welk astmamedicijn het beste werkt, verschilt van persoon tot persoon, weet de topspeler. 'Belangrijk is dat je in goed overleg met een dokter het middel gebruikt dat het beste aanslaat. Het is vervelend om steeds met de angst te voetballen dat je elk moment benauwd kunt worden.'

▼ Afb. 26 Phillip Cocu.

'Mijn drie zoontjes hebben tot nu toe gelukkig geen last van luchtwegklachten. Maar misschien krijgen ze, net als ikzelf, pas op latere leeftijd problemen. Astma zit nu eenmaal bij ons in de familie en daardoor hebben mijn kinderen een verhoogde kans op het krijgen van deze ziekte.'

Naar: www.agschrijfbedrijf.nl/bekned/cocu/contentprint.htm.



Huisstofmijt

Vaak zijn mensen met astma overgevoelig voor de ontlasting van de huisstofmijt. De huisstofmijt (zie afbeelding 27) woont in elk huis. Het is een klein spinachtig beestje dat vooral in textiel leeft. Is dat textiel ook nog eens warm en vochtig, dan heeft de huisstofmijt het enorm naar zijn zin. Een verstopte neus, niezen, loopneus, keelklachten, benauwd zijn en jeukende ogen kunnen verschijnselen zijn van allergie voor de ontlasting van de huisstofmijt. Heb je last van huisstofmijtallergie, dan is het verstandig dat je huis wordt gesaneerd zodat je zo min mogelijk met de ontlasting van de huisstofmijt in aanraking komt. Saneren houdt in dat tapijt, kledjes en stofnesten zoveel mogelijk uit het huis worden verwijderd. Neem bijvoorbeeld laminaat of vinyl in plaats van tapijt, en vervang de stoffen bank door een leren bankstel.

▼ Afb. 27 Huisstofmijt.



opdracht 11

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Op welke twee manieren kunnen de luchtwegen bij een astma-aanval nauwer worden?
- 2 Waaruit blijkt in de tekst over Phillip Cocu dat astma erfelijk kan zijn?
- 3 Phillip inhaleert het medicijn Pulmicort.
Wat is inhaleren en wat is het effect van een dergelijk medicijn?

4 De lever

De lever ligt rechtsboven in de buikholte tegen het middenrif aan (zie afbeelding 28). In thema 4 Voeding en 5 Transport is de bloedvoorziening van de lever behandeld (zie ook afbeelding 29.2). Ook is de productie van gal door de lever behandeld.

De lever bestaat uit heel veel zeshoekige **leverlobjes**. Deze zijn ongeveer 1 mm in doorsnede. Op drie hoekpunten van een leverlobje zitten aftakkingen van de poortader en van de leverslagader. Op deze plaatsen zitten ook aftakkingen van de **galgang** (zie afbeelding 29.3). In het midden van een leverlobje zit een aftakking van de leverader.

Het bloed van de poortader en leverslagader komt vanuit de aftakkingen op de hoekpunten terecht in ruimten tussen de cellen van een leverlobje. De levercellen nemen stoffen uit het bloed op en geven stoffen aan het bloed af.

Het bloed stroomt naar het midden van een leverlobje en wordt via de aftakking van de leverader afgevoerd. De cellen van een leverlobje produceren gal. Gal stroomt in de richting van de hoekpunten en wordt via de fijne vertakkingen van de galgang afgevoerd. De gal wordt verzameld in de galblaas. In thema 4 Voeding is behandeld hoe gal via de galbuis naar de twaalfvingerige darm wordt vervoerd. In de lever worden dode rode bloedcellen afgebroken. Hierbij ontstaan als afbraakproducten van het hemoglobine onder andere **galkleurstoffen**, die via de galgangen worden afgevoerd naar de galblaas. De groene galkleurstoffen (bilirubine) veranderen van kleur en verlaten het lichaam via de endeldarm. Zij zorgen ervoor dat de ontlasting een geelbruine kleur heeft.

Bij de afbraak van dode rode bloedcellen komt ook het ijzer uit het hemoglobine vrij. Het ijzer wordt voor een deel opgeslagen in de lever, een ander deel verlaat het lichaam. Behalve ijzer kunnen ook andere mineralen (kalium, koper) en vitamines (A, B12 en D) in de lever worden opgeslagen.

In thema 6 Regeling en waarneming van deel 4 is behandeld dat de lever een rol speelt bij de handhaving van een min of meer constante glucoseconcentratie van het bloed (zie afbeelding 30). Door de opslag van glycogeen speelt de lever een belangrijke rol bij de **koolhydraatstofwisseling** in het lichaam.

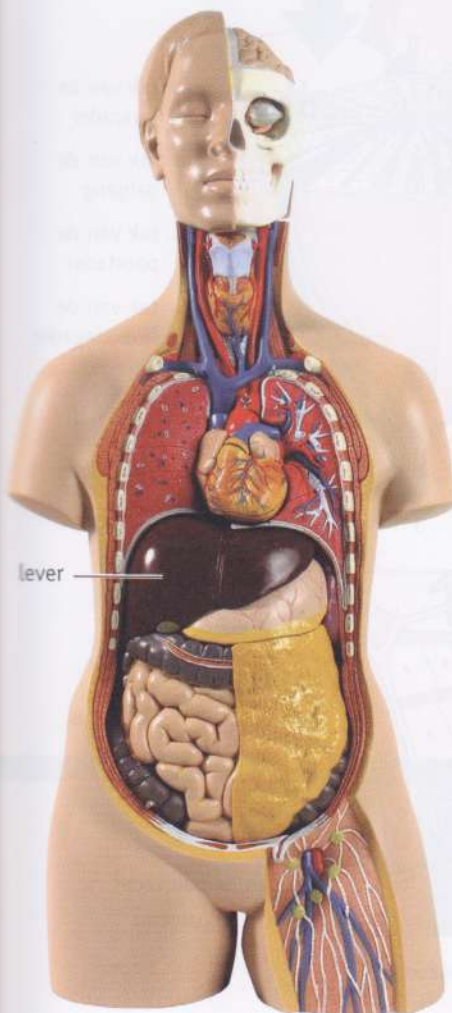
De lever heeft ook een functie bij de eiwitstofwisseling en de vetstofwisseling in het lichaam.

Aminozuren die in het darmkanaal in het bloed zijn opgenomen, worden via de poortader naar de lever vervoerd. Een deel van deze aminozuren wordt in de lever gebruikt om andere aminozuren te maken. Daartoe worden de aminozuurmoleculen gesplitst in een gedeelte dat stikstof bevat en een gedeelte zonder stikstof. Uit de stikstofhoudende delen kunnen andere, niet-essentiële aminozuren worden gevormd. De stikstofhoudende delen kunnen ook worden afgebroken.

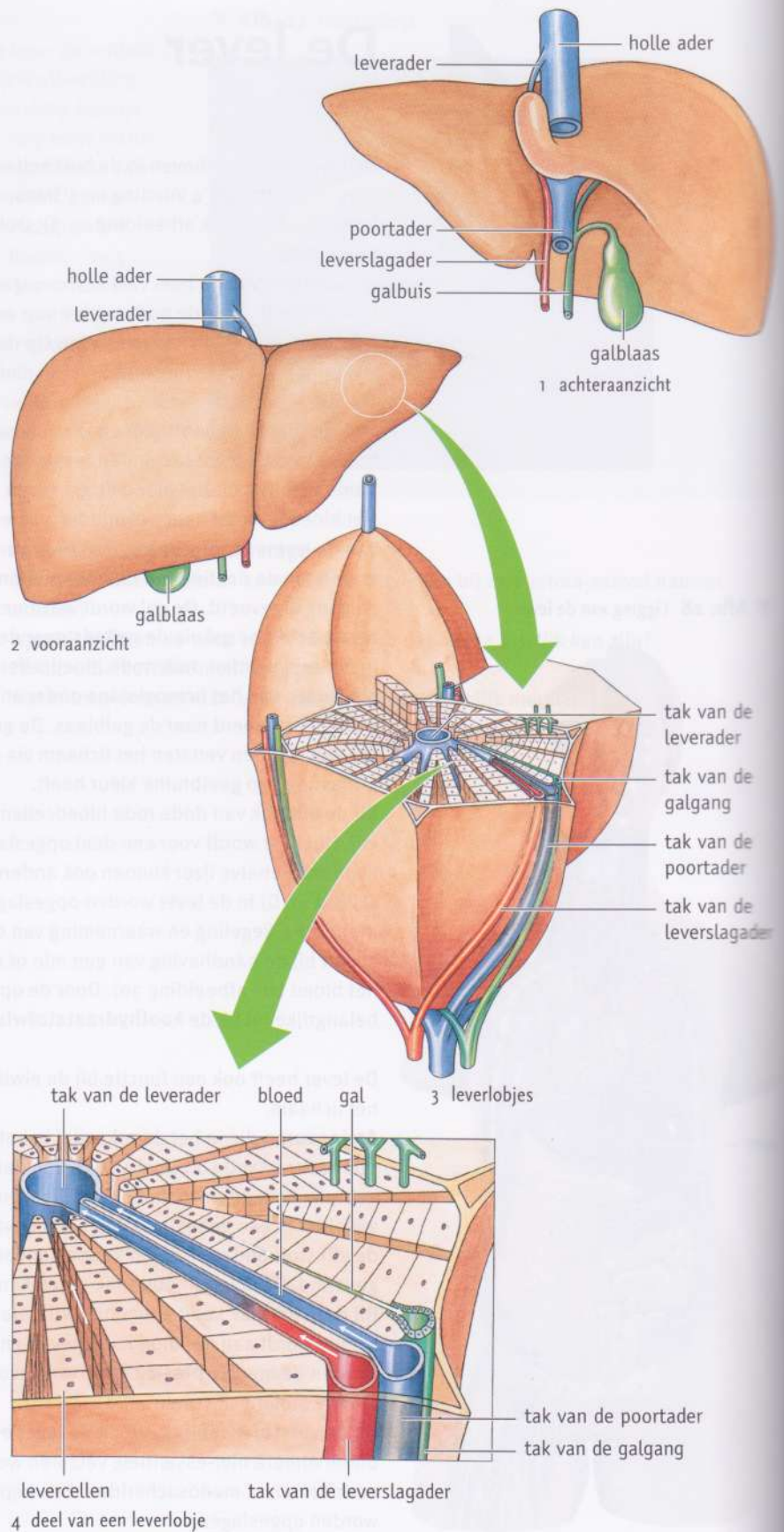
Bij deze afbraak komt ammoniak vrij, die in de lever wordt omgezet in **ureum**. Ureum wordt aan het bloed afgegeven en door de nieren uitgescheiden. In de lever worden de meeste **plasma-eiwitten** gevormd (waaronder fibrinogeen en enkele andere stollingsfactoren).

Bij de **vetstofwisseling** speelt de lever ook een belangrijke rol. In de lever kunnen onder andere niet-essentiële vetzuren worden gevormd uit andere vetzuren, aminozuren of monosachariden. Een beperkte hoeveelheid vet kan in de lever worden opgeslagen.

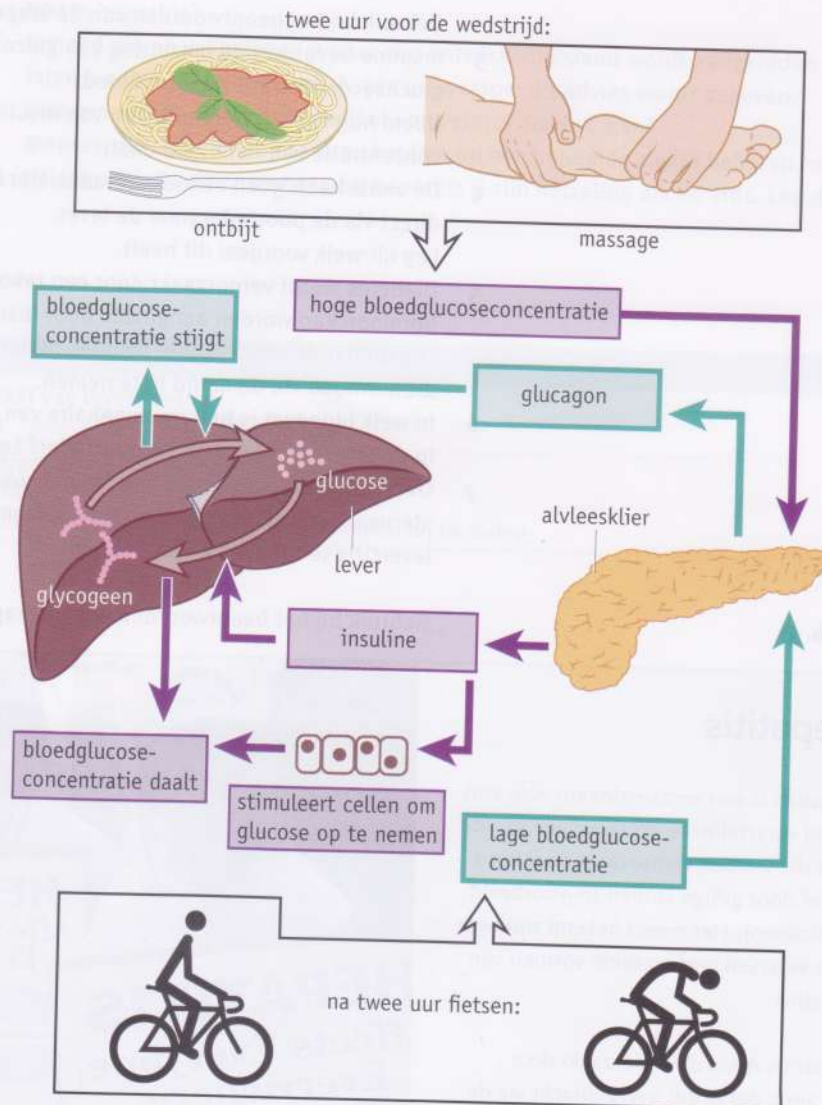
▼ Afb. 28 Ligging van de lever.



► Afb. 29 Bouw van de lever (schematisch).



- Afb. 30 Regeling van de glucoseconcentratie van het bloed.



In thema 4 en 5 is de schadelijke invloed van **cholesterol** op de bloedvatwanden behandeld. Cholesterol kan in de lever worden gevormd, maar ook worden afgebroken. Bij de afbraak van cholesterol ontstaan **galzure zouten**. Ten slotte is de lever belangrijk bij de ontgiftiging van het bloed. De lever haalt gifstoffen (bijvoorbeeld alcohol, drugs en medicijnen) uit het bloed en maakt ze onwerkzaam. De onwerkzaam gemaakte gifstoffen worden weer aan het bloed afgegeven en door de nieren uitgescheiden. Sommige gifstoffen kunnen niet onwerkzaam worden gemaakt. Deze gifstoffen kunnen worden opgeslagen in de lever, bijvoorbeeld kwik, arsenicum en strychnine.

opdracht 12

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Stroomt in een leverlobje het bloed vanuit het midden naar de buitenkant, of vanuit de buitenkant naar het midden? En in welke richting stroomt gal door een leverlobje?
- 2 Wanneer bij een patiënt de galwegen zijn verstopt, kan de urine donkergeel tot bruin, het oogwit geel en de ontlasting bleek van kleur zijn (geelzucht). Leg uit hoe deze verschijnselen ontstaan.

Gebruik bij het beantwoorden van de vragen 3 tot en met 5 afbeelding 30.

- 3 Insuline bevordert de omzetting van glucose in glycogeen. Hierdoor daalt de glucoseconcentratie van het bloed.
Noem nog twee andere effecten van insuline die tot gevolg hebben dat de glucoseconcentratie van het bloed daalt.
- 4 De mens heeft geen alvleesklierader. Het bloed dat de alvleesklier verlaat, stroomt direct via de poortader naar de lever.
Leg uit welk voordeel dit heeft.
- 5 Diabetes wordt veroorzaakt door een tekort aan insuline. Het tekort aan dit hormoon kan worden aangevuld door insuline in te spuiten. Insuline is een eiwit. Leg uit dat de concentratie insuline in het bloed niet kan worden verhoogd door dit hormoon via de mond in te nemen.
- 6 In welk bloedvat is het ureumgehalte van het bloed het hoogst, in de leverader, in de leverslagader of in de poortader? Leg uit waardoor dit komt.
- 7 Overmatig alcoholgebruik kan levercirrose tot gevolg hebben. Bij levercirrose sterven levercellen af. Leg uit op welke manier overmatig alcoholgebruik levercirrose tot gevolg kan hebben.

▼ Afb. 31

Gebruik bij het beantwoorden van de vragen 8 tot en met 11 afbeelding 31.

Hepatitis

Hepatitis is een verzamelnaam voor een aantal verschillende ontstekingen van de lever die worden veroorzaakt door virussen of door giftige stoffen (bijvoorbeeld medicijnen). Het meest bekend zijn twee door virussen veroorzaakte vormen van hepatitis.

Hepatitis A wordt veroorzaakt door een virus dat wordt overgebracht via de uitwerpselen, en dat voedsel of water kan besmetten. De verschijnselen zijn vermoeidheid, verminderde eetlust, hoofdpijn en overgeven. Als op de lever wordt gedrukt, doet dat pijn. Hepatitis A verloopt meestal goedaardig. Voor volwassenen kan het ziekteverloop langdurig zijn. De behandeling bestaat uit een dieet dat arm is aan vet, maar rijk aan eiwit en koolhydraten. Het is mogelijk om ingeënt te worden tegen hepatitis A.



Jaarlijks is er een hepatitisdag. Er wordt dan vooral aandacht gevraagd voor het risico op hepatitis B door onveilige seks.

Hepatitis B is in het begin moeilijk te onderscheiden van hepatitis A. Hepatitis B is echter veel ernstiger en kan leiden tot leverkanker of levercirrose. Uiteindelijk kan de dood het gevolg zijn.

Het hepatitis B-virus kan worden overgebracht via bloed, sperma en vaginaal vocht. De meeste besmettingen vinden

plaats door onveilige seks (zonder condoom) of doordat drugsgebruikers elkaars spuiten en naalden gebruiken. Hepatitis B kan worden behandeld met antistoffen. Daarnaast moet de patiënt een dieet houden, net als bij hepatitis A. Ook tegen hepatitis B is inenting mogelijk.

- 8 Wat is hepatitis?
- 9 Iemand die op vakantie gaat naar een ontwikkelingsland wordt aangeraden zich te laten inenten tegen hepatitis A. Leg uit waarom dit advies wordt gegeven.
- 10 Waarom moet een hepatitispatiënt een vetarm dieet volgen?
- 11 Mensen die een verhoogde kans hebben op een bepaalde ziekte behoren tot een risicogroep. De risicogroepen bij hepatitis B zijn hetzelfde als bij aids. Leg dat uit.

opdracht 13

PRACTICUM

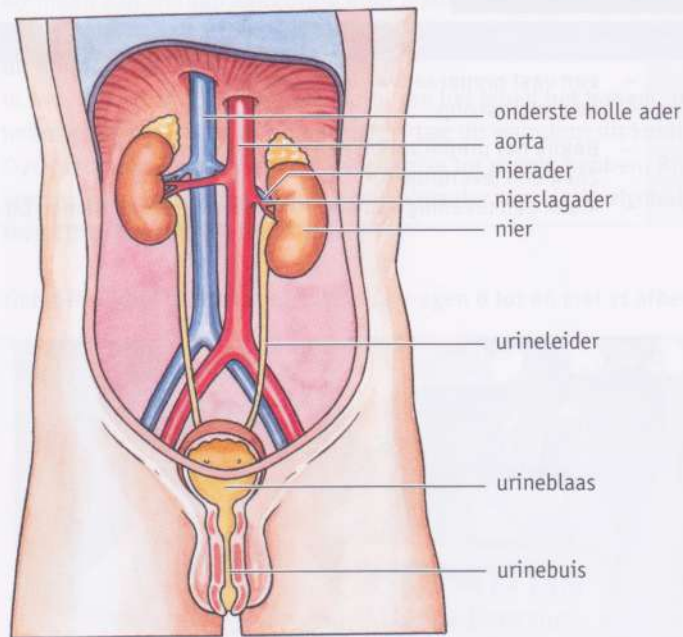
LEVERWEEFSEL

Materiaal	<ul style="list-style-type: none"> - een vast preparaat van leverweefsel - een microscoop
Methode	<ul style="list-style-type: none"> - Bekijk het preparaat bij een vergroting van 400x. - Zoek een leverlobje op. - Maak een tekening van een leverlobje en zet de namen bij de delen.

5 De nieren en de urinewegen

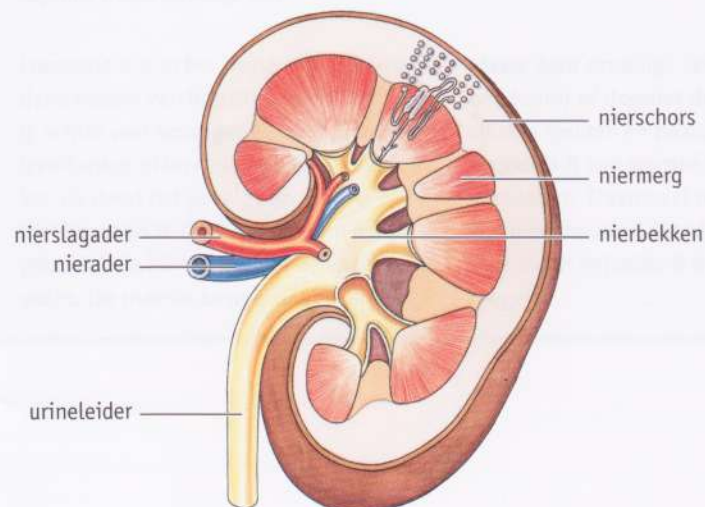
De nieren liggen in de buikholte links en rechts van de wervelkolom (zie afbeelding 32). Door de **nierslagaders** stroomt zuurstofrijk bloed naar de nieren. Dit bloed bevat onder andere overtollige en schadelijke stoffen. De nieren verwijderen deze stoffen uit het bloed. Door de **nieraders** stroomt het bloed weg uit de nieren.

► **Afb. 32** De nieren en de urinewegen (schematisch).



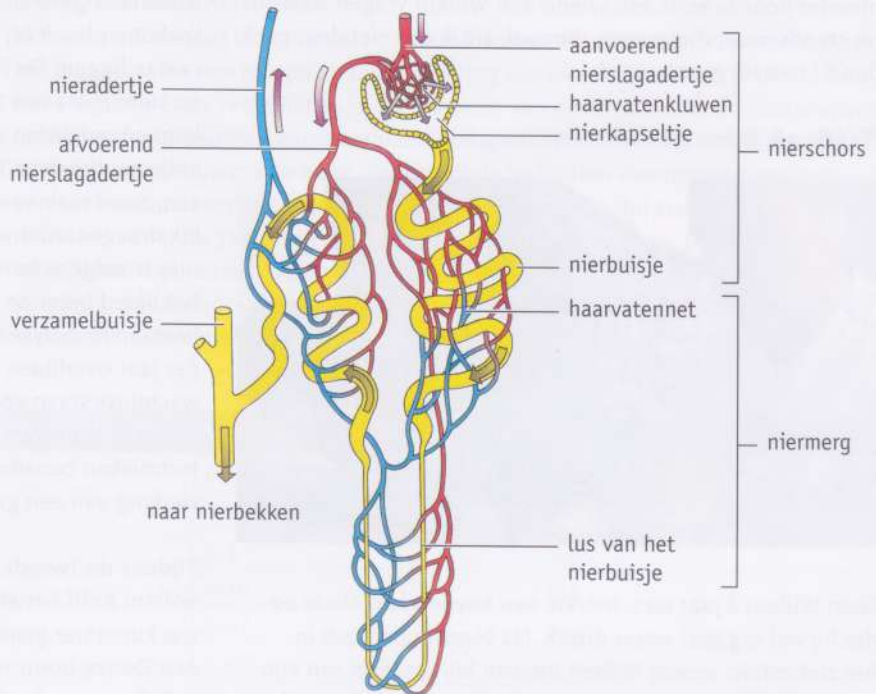
Een nier bestaat uit **nierschors**, **niermerg** en een **nierbekken** (zie afbeelding 33). De nieren spelen een belangrijke rol bij de uitscheiding van afvalstoffen (onder andere ureum), lichaamsvreemde stoffen (onder andere medicijnen), overtollig water en overtollige zouten. De verwijderde stoffen samen heten **urine**. Vooral door de uitscheiding van overtollig water en overtollige zouten kan de osmotische waarde van het interne milieu constant worden gehouden.

► **Afb. 33** Een nier (schematisch).

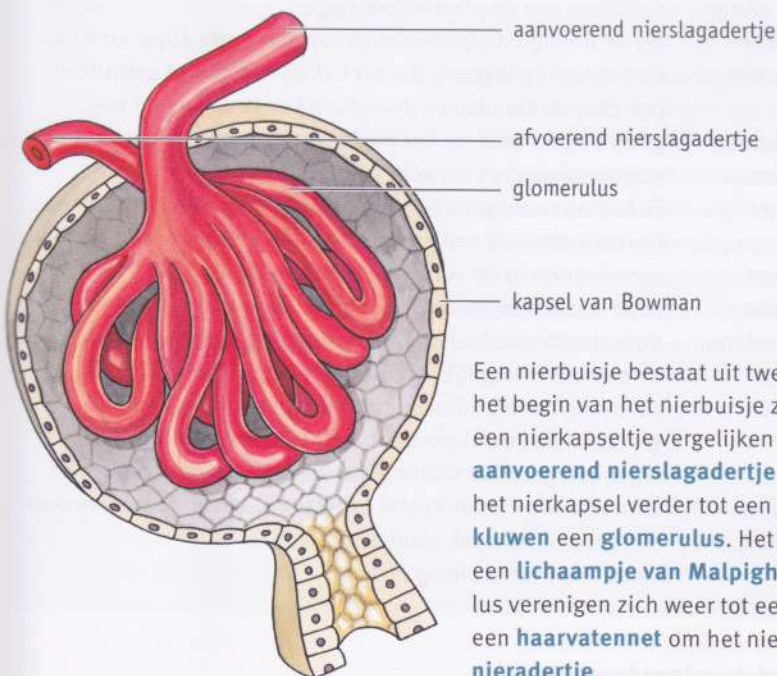


In de **nierbekkens** wordt urine verzameld. Via de **urineleiders** wordt de urine afgevoerd naar de **urineblaas** (zie afbeelding 32). In de urineblaas wordt de urine tijdelijk opgeslagen. Van tijd tot tijd wordt de urine uit de urineblaas afgevoerd via de **urinebuis**. In de nierschors en het niermerg liggen per nier ongeveer een miljoen **nierenheden**. Een nierenheid (**nefron**) bestaat voor het grootste deel uit een **nierbuisje** (zie afbeelding 34). In de nierbuisjes wordt de urine gevormd. De nierbuisjes monden uit in **verzamelbuisjes**. Via de verzamelbuisjes komt de urine in de nierbekkens terecht.

► Afb. 34 Een nierenheid (schematisch).



▼ Afb. 35 Lichaampje van Malpighi (schematisch).



Een nierbuisje bestaat uit twee gekronkelde delen en een lus (**lis van Henle**). Aan het begin van het nierbuisje zit een **nierkapseltje (kapsel van Bowman)**. Je kunt een nierkapseltje vergelijken met een zeef: er zit een groot aantal gaatjes in. Een **aanvoerend nierlagadertje** (een vertakking van de nierslagader) vertakt zich in het nierkapsel verder tot een kluwen van haarvaten. We noemen deze **haarvatenkluwen** een **glomerulus**. Het nierkapseltje met de haarvatenkluwen samen heet een **lichaampje van Malpighi** (zie afbeelding 35). De haarvaten van de glomerulus verenigen zich weer tot een **afvoerend nierlagadertje**. Dit vertakt zich tot een **haarvatennet** om het nierbuisje. De haarvaten verenigen zich daarna tot een **nieradertje**.

NIERPROBLEMEN

Het liefst spreekt Willem (14) af met vrienden. Maar drie middagen per week speelt hij in z'n eentje games op zijn iPad. Dan ligt hij aan de dialyse in het ziekenhuis. 'Da's wel balen,' vindt hij. Al twee keer mislukte een niertransplantatie. 'Ik ben hetzelfde als mijn vrienden, alleen zit ik hier drie keer in de week,' haalt Willem zijn schouders op. Zijn moeder hoorde eens een vriend aan Willem vragen waarom hij steeds moet dialyseren. 'Simpel, als ik dat niet doe, ga ik dood,' had hij geantwoord.

▼ **Afb. 36** Willem tijdens de dialyse.



Toen Willem 8 jaar was, merkte een bevriende diëtiste op dat hij wel erg veel water dronk. Na bloedonderzoek in het ziekenhuis moest Willem meteen blijven. Een van zijn nieren bleek een schrompelnier, dat is een nier die in elkaar is geschrompeld en niet werkt. De andere had een capaciteit van maar 30%. Willems lichaam groeide door, waardoor de niercapaciteit steeds verder tekortschoot. Zonder behandeling zou Willem doodgaan. Daarom werd gekozen voor niertransplantatie, voordat dialyse noodzakelijk zou worden. Zowel zijn moeder als zijn vader wilde een nier afstaan; allebei bleken ze geschikt als donor.

Bij de eerste transplantatie doneerde Willems vader een nier. Die ging na vijf dagen verloren door trombose (een bloedpropje) in de nier. Later volgde een tweede transplantatie met een nier van Willems moeder. Deze nier werd twee uur na de operatie afgestoten. 'Wel jammer,' vindt Willem, die er maar weer zijn schouders over ophaalt. 'Ik herinner me dat niet.'

In de periode daarna lieten maar liefst zeven vrienden en familieleden zich testen, om te zien of hun nier geschikt zou zijn voor Willem. Geen van hen was een match.

Op een gegeven moment werd Willems nierfunctie zo slecht dat hij moest starten met dialyse. Drie keer per week haalt een taxi Willem op, om hem in een uur naar UMC St. Radboud in Nijmegen te brengen. Daar ligt hij van half drie tot half zeven aan de dialyse.

Maar er is goed nieuws voor jongens als Willem. In de toekomst hoeft hij niet meer urenlang aan een dialyseapparaat te liggen. De Nierstichting werkt aan een kunstnier die zo klein is als een tablet-pc zoals de iPad. Met dit apparaat kunnen patiënten dialyseren waar en wanneer ze willen, volgens directeur Tom Oostrom van de Nierstichting. 'Dit is een doorbraak waardoor het leven van nierpatiënten letterlijk draagbaarder wordt,' meldt Oostrom. Deze draagbare nier is volgens hem kleiner en lichter, spoelt langer, zuivert het bloed beter en biedt meer bewegingsvrijheid dan bestaande dialyseapparatuur.

Per jaar overlijden tweehonderd nierpatiënten die op de wachtlijst staan voor een niertransplantatie. Oostrom: 'Er is een groot tekort aan orgaandonoren. De huidige dialysetechnieken benaderen slechts 10 tot 15% van de zuiverende werking van een gezonde nier.'

Tijdens de Tweede Wereldoorlog bouwde de Nederlander Willem Kolff het allereerste werkende dialyseapparaat, ook wel kunstnier genoemd, uit onder meer de onderdelen van een Duitse bommenjager, een waterpomp uit een T-Ford en cellofaan van de plaatselijke slager.

Bij de huidige dialysetechniek worden grote apparaten van 60 tot 100 kg ingezet, die 60 L dialysevloeistof gebruiken per dialyse. De nieuwe draagbare kunstnier weegt nog geen 3 kg en past op het nachtkastje, waardoor de patiënt gewoon thuis zes tot acht uur kan dialyseren.

Er bestaan veel verschillende kunstnieren, maar in essentie bestaan deze uit een groot aantal semipermeabele membranen in de vorm van een dun buisje (capillair). Door deze capillairen stroomt het bloed. Ze worden onspoeld door de dialysevloeistof (een oplossing van zouten waarvan de samenstelling lijkt op die van bloedplasma). Om de zuivering te vergroten wordt het tegenstroomprincipe gebruikt. Dat betekent dat bloed en dialysevloeistof in tegenovergestelde richting stromen. Daarnaast bevat een kunstnier een groot aantal capillairen, zodat de dialyse over een groot oppervlak plaatsvindt.

Naar: www.nierstichting.nl.

opdracht 14

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Wat is het voordeel van niertransplantatie boven nierdialyse?
- 2 Wat wordt bedoeld met een match bij niertransplantatie?

- 3 Eiwitmoleculen uit het bloed kunnen niet via de semipermeabele membranen in de dialysevloeistof terechtkomen. Leg uit hoe dat komt.
- 4 Welk belangrijk molecuul behalve zouten moet er in dezelfde concentratie in de dialysevloeistof zitten als in het bloed? Leg je antwoord uit.
- 5 Welk molecuul zit niet in de dialysevloeistof en wel in het bloed? Leg je antwoord uit.

DE VORMING VAN URINE

In thema 5 Transport is behandeld dat de bloeddruk en de osmotische waarde van het bloedplasma een rol spelen bij de vorming van weefselvloeistof. In de niereenheden gebeurt iets vergelijkbaars. De diameter van de afvoerende nierlagadertjes is kleiner dan die van de aanvoerende nierlagadertjes. Hierdoor is de **bloeddruk** in de haarvatenkluwens zo hoog, dat vanuit de haarvaten voortdurend een deel van het bloedplasma in de nierkapsels wordt geperst. Hierbij kunnen alleen kleine moleculen door de gaatjes in de wand van de nierkapsels heen. Dit proces wordt **ultrafiltratie** genoemd. Het vocht in de nierkapsels wordt **voorurine** genoemd. Voorurine bevat onder andere glucose, ionen en ureum, maar geen eiwitten of bloedcellen (zie tabel 3).

▼ **Tabel 3** Enkele stoffen in bloedplasma, voorurine en urine.

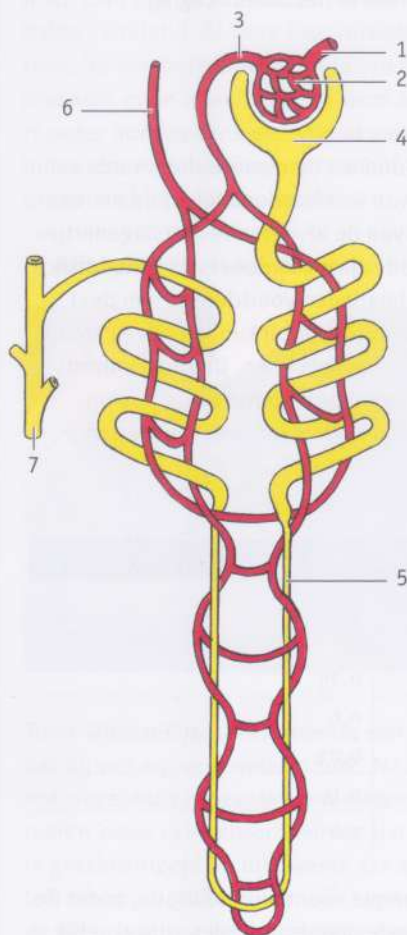
	Bloedplasma(g/100 mL)	Voorurine (g/100 mL)	Urine (g/100 mL)
Eiwitten	7,5	0	0
Glucose	0,1	0,1	0
Na ⁺	0,4	0,4	0,35
Cl ⁻	0,36	0,36	0,6
Ca ²⁺	0,01	0,01	0,03
K ⁺	0,02	0,02	0,15
Ureum	0,03	0,03	2,0

De cellen van de nierkapseltjes leveren geen energie voor de ultrafiltratie, zodat de hoeveelheid zuurstof in het bloed in de afvoerende nierlagadertjes vrijwel gelijk is aan die in de aanvoerende nierlagadertjes. De nieren zijn zeer sterk doorbloed. Per minuut stroomt er ongeveer 1,2 L bloed door de nieren. Hieruit wordt per etmaal 180 L voorurine gevormd. Uiteindelijk blijft er ongeveer 1,5 L urine over. In de nierbuisjes en in de verzamelbuisjes wordt de voorurine geleidelijk omgezet in urine. Water en andere nuttige stoffen worden selectief uit de voorurine gehaald (zie tabel 3). De cellen van de wand van de nierbuisjes nemen de opgeloste nuttige stoffen op uit de voorurine en geven ze aan het bloed af. Dit proces vindt plaats door middel van actief transport en wordt **terugresorptie** genoemd. De cellen worden van voedingsstoffen en zuurstof voorzien door het bloed in het haarvatennet.

Bij de terugresorptie transporteren de cellen van de nierbuisjes de opgeloste nuttige stoffen niet alleen naar het bloed in het haarvatennet, maar ook naar het nierweefsel tussen de haarvaten. Mede hierdoor wordt de osmotische waarde in het binnenste deel van het niermerg 3 tot 4× zo hoog als de osmotische waarde in de nierschors. Hierdoor ontstaat een groot concentratieverschil tussen de inhoud van de verzamelbuisjes en het omringende weefsel. Als gevolg hiervan wordt door osmose water onttrokken aan de (voor)urine in de verzamelbuisjes tijdens het transport naar het nierbekken.

opdracht 15

▼ Afb. 37 Een niereenheid (schematisch).



Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Wat is de functie van de urineleiders?
- 2 Wat is de functie van de urinebuis?
- 3 De cellen van de nierkapseltjes leveren geen energie voor de ultrafiltratie, waarbij voorurine wordt gevormd. Welke kracht veroorzaakt dan de vorming van voorurine?
- 4 Op welke plaats wordt de energie vrijgemaakt voor deze kracht?
- 5 Waar komt de energie vandaan voor de vorming van urine uit voorurine?
- 6 Bereken uit de gegeven hoeveelheden voorurine en urine hoeveel procent van het water aan de (voor)urine wordt onttrokken.

Beantwoord vraag 7 tot en met 9 met behulp van de informatie in tabel 3.

- 7 Wordt de afwezigheid van eiwitten in de urine veroorzaakt door terugresorptie? Leg je antwoord uit.
- 8 Wordt de afwezigheid van glucose in de urine veroorzaakt door terugresorptie? Leg je antwoord uit.

Uit tabel 3 blijkt dat de concentratie ureum in het bloedplasma en in de voorurine gelijk is, maar in de urine veel hoger. Dit komt doordat ureum vrijwel niet vanuit de voorurine in het bloed wordt geresorbeerd.

- 9 Door de concentratie calciumionen te vergelijken met die van ureum, kan een uitspraak worden gedaan over de terugresorptie van calciumionen. Vindt in de nierkanaaltjes terugresorptie van calciumionen plaats? Leg je antwoord uit.

Beantwoord de vragen 10 tot en met 12 met behulp van afbeelding 37.

- 10 Iemand produceert tijdelijk meer voorurine dan normaal. Dit is het gevolg van een vernauwing van bepaalde bloedvaten. Treedt deze vernauwing op bij 1 of bij 3? Leg je antwoord uit.
- 11 Door de bloedvaten 1, 3 en 6 stroomt per minuut een hoeveelheid bloed die niet gelijk is. Rangschik deze bloedvaten, van het bloedvat waar de grootste hoeveelheid bloed doorheen stroomt naar het bloedvat waar de kleinste hoeveelheid bloed doorheen stroomt.
- 12 Op welk van de plaatsen 2, 4 en 5 is de dissimilatie van glucose het grootst? Leg je antwoord uit.

opdracht 16

Beantwoord de volgende vragen.

In thema 6 Regeling en waarneming van deel 4 is behandeld dat het antidiuretisch hormoon (ADH) uit de hypofyse de terugresorptie van water in de nieren stimuleert (zie ook de hormontabel uit *Binas*).

- 1 Wordt onder invloed van ADH meer of minder urine geproduceerd?
- 2 Wordt de urine hierdoor lichter of donkerder van kleur?
- 3 Iemand drinkt veel water en moet daardoor veel plassen. Geeft de hypofyse van deze persoon dan veel of weinig ADH af?
- 4 Welke urine is het donkerst gekleurd: ochtendurine of urine die overdag wordt geproduceerd? Leg uit dat dit verband houdt met het constant houden van de osmotische waarde van het bloed.
- 5 Wanneer geeft de hypofyse meer ADH af: overdag of 's nachts?

Je hebt nu de basisstof van dit thema doorgewerkt.

- Controleer met het antwoordenboek of je de basisstofopdrachten goed hebt uitgevoerd.
- Je kunt nu verdergaan met de diagnostische toets. Je kunt de samenvatting gebruiken om je hierop voor te bereiden.

Samenvatting

DOELSTELLING 1

Je moet in een context de functies en kenmerken van delen van het ademhalingsstelsel kunnen noemen.

- Neusholte met reukzintuig.
 - In de neusholte wordt lucht gereinigd, gekeurd, verwarmd en vochtig gemaakt.
- Trilhaarepitheel: dekweefsel met slijmproducerende cellen en trilhaarcellen.
 - Aan het slijm blijven verontreinigingen en ziekteverwekkers kleven.
 - Door de beweging van trilharen wordt het slijm naar de keelholte verplaatst.
- Luchtpijp.
 - De binnenwand is bekleed met trilhaarepitheel.
 - Door hoefijzervormige kraakbeenringen in de wand blijft de luchtpijp altijd open staan.
- Bronchiën.
 - De binnenwand is bekleed met trilhaarepitheel.
 - De wand bevat kraakbeenringen.
- Bronchiolen.
 - Door spierweefsel in de wand kunnen de bronchiolen zich verwijden of vernauwen.
- Longblaasjes met longhaarvaten.
 - In de longblaasjes vindt de gaswisseling plaats.
- Factoren die de uitwisselingsnelheid vergroten:
 - Gaswisselingsoppervlak: door de vele longblaasjes is dit groot.
 - Kleine diffusieafstand: dunne wand van longblaasjes en longhaarvaten.
 - Groot verschil in zuurstof- en koolstofdioxidespanning: door ventileren van de lucht in de longblaasjes en door stroming van het bloed in de longhaarvaten.

DOELSTELLING 2

Je moet in een context kunnen beschrijven hoe zuurstof en koolstofdioxide door bloed worden getransporteerd.

- In de longhaarvaten worden O_2 -moleculen gebonden aan hemoglobine in rode bloedcellen.
 - Hemoglobine (Hb) + $O_2 \rightarrow$ oxyhemoglobine (HbO_2).
 - Door de binding van O_2 aan Hb blijft er een verschil bestaan tussen de pO_2 in het vocht in de longblaasjes en de pO_2 in het bloedplasma, waardoor meer zuurstof kan worden opgenomen.
- Door het spanningsverschil vindt diffusie van O_2 uit de haarvaten naar de weefsels en van CO_2 uit de weefsels naar het bloed plaats.

- Een deel van dit CO_2 wordt door het bloedplasma vervoerd; een ander deel wordt gebonden aan hemoglobine.
- In de longhaarvaten laten de CO_2 -moleculen los van de hemoglobine.

DOELSTELLING 3

Je moet in een context met behulp van afbeeldingen kunnen beschrijven op welke wijze longventilatie tot stand komt.

- Ademhalingsspieren.
 - De buitenste tussenribspieren trekken de ribben en het borstbeen omhoog en naar voren.
 - De binnenste tussenribspieren trekken de ribben en het borstbeen omlaag.
 - De middenrifspieren kunnen het middenrif afplatten.
- Borstvlies en longvlies.
 - Borstvlies: vergroeid met ribben, binnenste tussenribspieren en middenrif.
 - Longvlies: vergroeid met longen.
 - De ruimte tussen borstvlies en longvlies is gevuld met vocht. Hierdoor kunnen longvlies en borstvlies niet van elkaar af gaan.
- Longweefsel: is elastisch en verkeert in een uitgerekte toestand.
 - Hierdoor is de druk in de ruimte tussen borstvlies en longvlies lager dan de druk van de buitenlucht.
- Rustige inademing:
 - De buitenste tussenribspieren en de middenrifspieren vergroten het volume van de borstholte.
 - De luchtdruk in de longblaasjes wordt lager dan de druk van de buitenlucht.
 - Lucht stroomt de longen in.
- Rustige uitademing:
 - De buitenste tussenribspieren en de middenrifspieren ontspannen zich.
 - Door de veerkracht van de zijwanden van de borstholte en de elasticiteit van het longweefsel keren de ribben en het borstbeen terug naar hun oorspronkelijke stand.
 - Door de druk in de buikholte keert het middenrif terug naar zijn koepelvormige stand.
 - Het volume van de longen wordt kleiner.
 - De luchtdruk in de longblaasjes wordt hoger dan de druk van de buitenlucht.
 - Lucht stroomt de longen uit.

DOELSTELLING 4

Je moet in een context kunnen beschrijven hoe het longvolume verandert tijdens ventilatiebewegingen.

- Ademvolume: de hoeveelheid lucht die bij een rustige ademhaling wordt in- en uitgeademd.

- Een deel van de ingeademde lucht blijft in de luchtwegen (de dode ruimte). Deze lucht wordt ongebruikt weer uitgeademd.
- Vitale capaciteit: de hoeveelheid lucht die maximaal per ademhaling kan worden ververst. De vitale capaciteit omvat:
 - het ademvolume;
 - het inspiratoir reservevolume: wordt bij een maximale inademing extra ingeademd;
 - het expiratoir reservevolume: wordt bij een maximale uitademing extra uitgeademd.
- Totaal longvolume (totale longcapaciteit): vitale capaciteit + restvolume.
 - Restvolume: blijft na een maximale uitademing achter in de longen.

DOELSTELLING 5

Je moet in een context kunnen beschrijven hoe de ademfrequentie wordt geregeld.

- Het ademcentrum in de hersenstam regelt de ademfrequentie.
- Chemoreceptoren (zintuigcellen) in de wand van de halsslagers en aorta nemen de $p\text{CO}_2$ van het bloed waar.
 - Vanuit de chemoreceptoren gaan impulsen via zenuwen naar het ademcentrum.
 - Vanuit het ademcentrum gaan impulsen via zenuwen naar de ademhalingsspieren.
 - De snelheid en de diepte van de ventilatie worden aangepast.
- De chemoreceptoren worden beïnvloed door de $p\text{O}_2$ van het bloed.
 - Bij een lagere $p\text{O}_2$ van het bloed worden de chemoreceptoren gevoeliger voor de $p\text{CO}_2$ van het bloed.
- De grote hersenen kunnen de snelheid en diepte van de ademhaling bewust veranderen.
- Hyperventilatie: door emoties kan te snel en te diep worden geademd.
 - Hierdoor is de $p\text{CO}_2$ van het bloed lager dan normaal. Dit veroorzaakt klachten.
 - De $p\text{CO}_2$ van het bloed kan worden verhoogd door in een papieren zak te ademen.

DOELSTELLING 6

Je moet in een context kunnen omschrijven wat er aan de hand is bij astma.

- Astma: het spierweefsel in de wand van de bronchiolen trekt zich onbewust samen. Vaak is bovendien het slijmvlies in de bronchiolen verdikt.
- Astmapatiënten hebben last van benauwdheid en hoesten veel.

- Ze zijn vaak gevoelig voor stofdeeltjes in de lucht of uitwerpselen van de huisstofmijt en moeten rokerige en stoffige ruimten en contact met dieren vermijden.
- Met een longfunctietest kan men de mate van benauwdheid bij een astmapatiënt onderzoeken.

DOELSTELLING 7

Je moet in een context de functies van de lever kunnen noemen.

- Koolhydraatstofwisseling: de glucoseconcentratie van het bloed wordt constant gehouden onder invloed van insuline en glucagon uit de alvleesklier.
 - Glucose kan worden omgezet in glycogeen.
 - Glycogeen wordt onder andere in de lever opgeslagen.
- Eiwitstofwisseling.
 - Vorming van niet-essentiële aminozuren uit andere aminozuren.
 - Afbraak van overtollige aminozuren. Hierbij ontstaat onder andere ureum, dat aan het bloed wordt afgegeven.
 - Vorming van plasma-eiwitten (o.a. fibrinogeen en enkele andere stollingsfactoren).
- Vetstofwisseling.
 - Vorming van niet-essentiële vetzuren (uit andere vetzuren, aminozuren of monosachariden).
 - Vorming en afbraak van cholesterol.
 - Bij de afbraak worden galzure zouten gevormd.
- Afbraak van dode rode bloedcellen.
 - Gallenstoffen worden met de gal uitgescheiden.
 - IJzer wordt deels opgeslagen in de lever en deels uitgescheiden.
- Ontgiftiging.
 - Alcohol, drugs en medicijnen e.d. worden onwerkzaam gemaakt.
 - Giftstoffen die niet onwerkzaam kunnen worden gemaakt, kunnen in de lever worden opgeslagen (bijvoorbeeld kwik).

DOELSTELLING 8

Je moet in een context met behulp van afbeeldingen de stroomrichting van stoffen in een leverlobje kunnen beschrijven.

- Leverlobje (ca. 1 mm in doorsnede).
 - Centraal ligt een vertakking van de leverader.
 - In de hoekpunten liggen vertakkingen van de galgang, de leverslagader en de poortader.
 - Bloed komt van de hoekpunten terecht in ruimten tussen de levercellen en stroomt dan naar het midden van een leverlobje.
 - Gal stroomt van de levercellen naar de hoekpunten van een leverlobje.

DOELSTELLING 9

Je moet in een context met behulp van afbeeldingen de functies en kenmerken van delen van de nieren en urinewegen kunnen noemen.

- Urinewegen.
 - Urineleiders: afvoer van urine naar de urineblaas.
 - Urineblaas: tijdelijke opslag van urine.
 - Urinebuis: afvoer van urine naar buiten.
- Functies van de nieren.
 - Uitscheiding van afvalstoffen, lichaamsvreemde stoffen en overtollige stoffen uit het bloed.
 - De verwijderde stoffen worden samen urine genoemd.
 - Constant houden van de osmotische waarde van het interne milieu.
- Delen van een nier:
 - Nierschors: vorming van voorurine.
 - Niermerg: vorming van urine.
 - Nierbekken: verzamelen van urine.
 - Niereenheden liggen in nierschors en niermerg: ongeveer 1 miljoen per nier.
- Niereenheid (nefron):
 - Aanvoerend nierslagadertje: vertakt zich tot een haarvatenkluw (glomerulus) binnen het nierkapseltje.
 - Nierkapseltje (kapsel van Bowman): door ultrafiltratie ontstaat voorurine.
 - Afvoerend nierslagadertje: vertakt zich tot een haarvatennet om het nierbuisje en voorziet de cellen van het nierbuisje van voedingsstoffen en zuurstof.
 - Nierbuisje: door actief transport vindt terugresorptie van nuttige stoffen uit de voorurine plaats. Hierdoor wordt de osmotische waarde van het niermergweefsel hoger dan die van het nierschorsweefsel.
 - Verzamelbuisjes: door de hoge osmotische waarde in het niermergweefsel wordt 99% van het water aan de (voor)urine onttrokken, tijdens het transport naar het nierbekken.
 - Nieradertje: voert o.a. de teruggeresorbeerde stoffen af.
- Bij de terugresorptie worden nuttige stoffen aan de voorurine onttrokken.
 - Voorurine bevat veel water met o.a. glucose, ionen en ureum (in een lage concentratie).
 - Urine bevat (minder) water met o.a. ionen en ureum (in een relatief hoge concentratie).
 - Het hormoon ADH uit de hypofyse stimuleert de terugresorptie van water uit de voorurine. ADH zorgt ervoor dat de osmotische waarde van het interne milieu constant wordt gehouden.

- Nierproblemen:
 - Bij slecht of niet werkende nieren kan medisch worden ingegrepen via een niertransplantatie of een kunstnier (dialyse).

COMPETENTIES/VAARDIGHEDEN

Je hebt in een of meer contexten:

- geoefend in het uitvoeren van een fysiologisch onderzoek;
- geoefend in het informatie halen uit een artikel;
- geoefend in het weergeven en interpreteren van gegevens.

Over de volgende competenties/vaardigheden zijn geen vragen opgenomen in de diagnostische toets.

Je hebt in een of meer contexten:

- geoefend met fysiologisch onderzoek;
- geoefend in het werken met een microscoop.



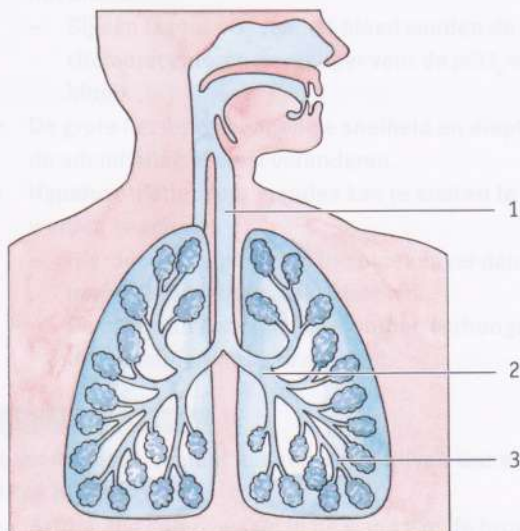
Diagnostische toets

DOELSTELLING 1

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 Twee leerlingen beweren dat neusademhaling gezonder is dan mondademhaling. Tristan beweert dat dit zo is, omdat bij neusademhaling ziekteverwekkers in de binnenstromende lucht beter worden tegengehouden dan bij mondademhaling. Elin beweert dat dit zo is, omdat alleen bij neusademhaling de binnenstromende lucht wordt bevochtigd. Wie heeft (hebben) gelijk?
 - A Alleen Tristan heeft gelijk.
 - B Alleen Elin heeft gelijk.
 - C Tristan en Elin hebben allebei gelijk.
 - D Tristan en Elin hebben geen van beiden gelijk.
- 2 In afbeelding 38 is het ademhalingsstelsel schematisch getekend. Bij welk(e) van de genummerde delen is de wand verstevigd met kraakbeenringen?
 - A Alleen bij 1.
 - B Alleen bij 1 en 2.
 - C Alleen bij 2 en 3.
 - D Bij 1, 2 en 3.

▼ Afb. 38

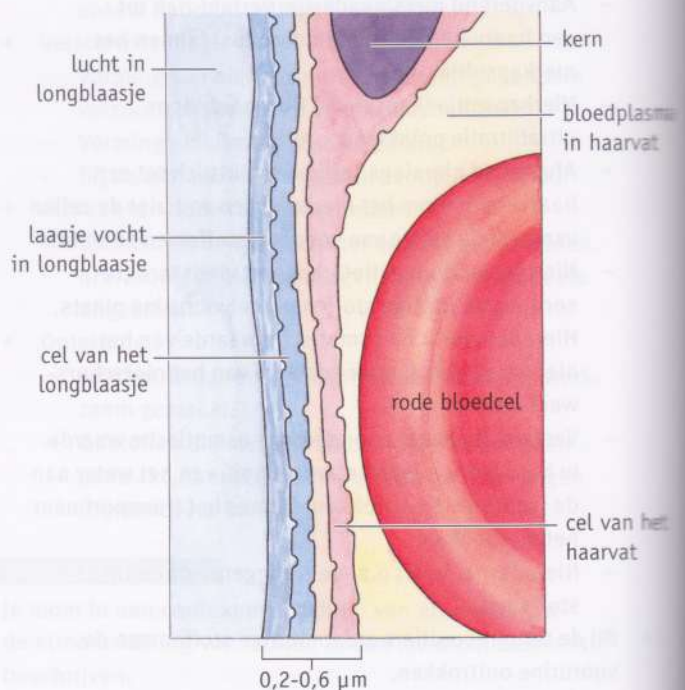


- 3 In de lucht die de mens inademt, bevinden zich allerlei soorten deeltjes. Min of meer fijn verdeelde vloeistof of vaste stof in een gas wordt aerosol genoemd. Bepaalde

aerosolen bevatten schadelijke stoffen. Na inademing van deze aerosolen kunnen de schadelijke stoffen uiteindelijk in de bloedvaten van de maag en/of het darmkanaal terechtkomen. Enkele manieren waarop de schadelijke stoffen uit aerosolen de maag en/of het darmkanaal kunnen bereiken, worden genoemd.

- 1 De trilharen in de luchtpijpwand vervoeren het slijm met de neergeslagen aerosolen naar de keelholte, waarna het wordt ingeslikt.
 - 2 Een deel van de aerosolen slaat op het slijmvlies van de longblaasjes neer, waarna stoffen in het bloed worden opgenomen.
- Kunnen de op deze manier opgenomen schadelijke stoffen uit de aerosolen vervolgens in een dekweefsel van de maag terechtkomen? Zo ja, op welke manier(en) kunnen de stoffen dan zijn opgenomen?
- A Nee.
 - B Ja, alleen op manier 1.
 - C Ja, alleen op manier 2.
 - D Ja, zowel op manier 1 als op manier 2.

▼ Afb. 39



- 4 In de longen stroomt bloed langs het longweefsel, zodat diffusie van gassen kan plaatsvinden. Afbeelding 39 geeft schematisch de barrière weer tussen de lucht in een longblaasje en een rode bloedcel in een longhaarvat. Uit afbeelding 39 is af te leiden hoeveel membranen een zuurstofmolecuul ten minste moet passeren om vanuit de lucht in een longblaasje terecht te komen in

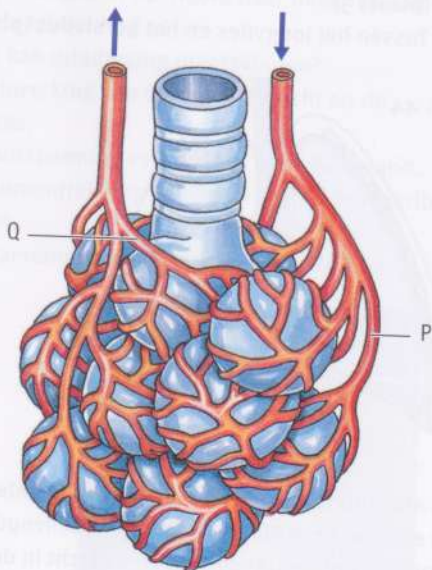
een rode bloedcel in een longhaarvat.
Hoeveel membranen zijn dit ten minste?

- A Eén.
 - B Twee.
 - C Drie.
 - D Meer dan drie.
- 5 In de lucht is het gehalte aan CO_2 veel lager dan het gehalte aan O_2 . In het bloed van de mens is dit omgekeerd. In afbeelding 40 zijn enkele longblaasjes en longhaarvaten getekend. De pijlen geven de stroomrichting van het bloed aan. Op plaats P en Q worden het zuurstof- en koolstofdioxidegehalte van het bloed gemeten.

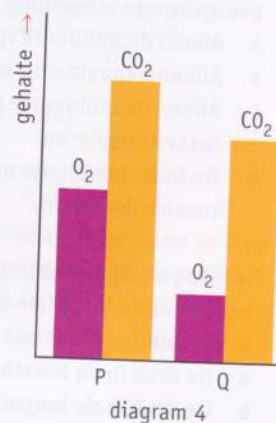
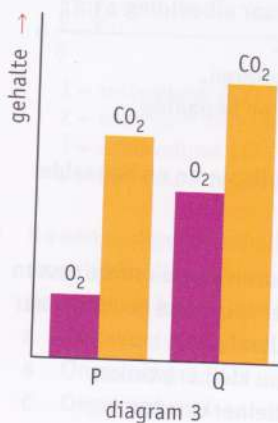
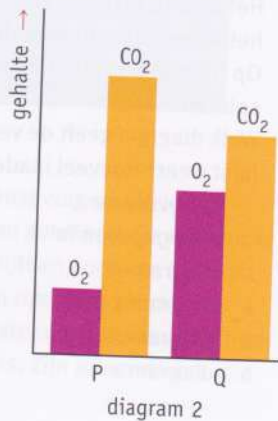
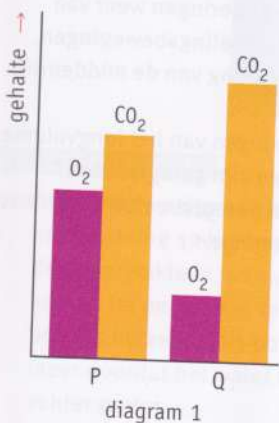
In welk diagram van afbeelding 41 kunnen de resultaten van deze metingen juist zijn weergegeven?

- A In diagram 1.
- B In diagram 2.
- C In diagram 3.
- D In diagram 4.

► Afb. 40



▼ Afb. 41



- 6 Een bepaald geneesmiddel tegen astma wordt door middel van een inhalator ingeademd (zie afbeelding 42). Door welke eigenschap of eigenschappen van de longen wordt dit geneesmiddel na het inademen snel in het bloed opgenomen?

- A Alleen door het grote gezamenlijke oppervlak van de longblaasjes.
- B Alleen door de grote hoeveelheid bloed die per tijdseenheid langs het longweefsel stroomt.
- C Zowel door het grote gezamenlijke oppervlak van de longblaasjes als door de grote hoeveelheid bloed die per tijdseenheid langs het longweefsel stroomt.

▼ Afb. 42



DOELSTELLING 2

Noteer of de volgende beweringen juist zijn of onjuist.

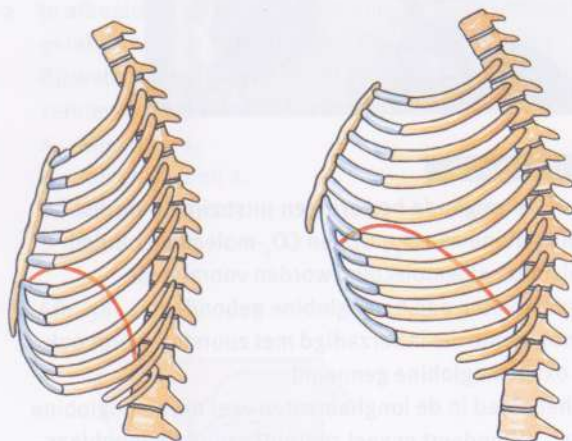
- 1 Hemoglobine kan O_2 -, CO- en CO_2 -moleculen binden.
- 2 Koolstofdioxidemoleculen worden vooral in de longhaarvaten aan hemoglobine gebonden.
- 3 Hemoglobine die is verzadigd met zuurstof, wordt ook wel oxyhemoglobine genoemd.
- 4 Als het bloed in de longhaarvaten veel oxyhemoglobine bevat, diffundeert er veel zuurstof vanuit de longblaasjes naar het bloed in de longhaarvaten.
- 5 In de meeste haarvatennetten in het lichaam wordt de binding tussen zuurstofmoleculen en hemoglobine verbroken.

DOELSTELLING 3

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 Bij ribademhaling van de mens vinden de volgende processen plaats:
- 1 Het longvolume wordt groter.
 - 2 Lucht stroomt de longen in.
 - 3 De ribben en het borstbeen worden door tussenribspieren omhoog en naar voren getrokken.
 - 4 De luchtdruk in de longblaasjes wordt lager.
 - 5 De borstholte wordt groter.
- In welke volgorde vinden deze processen plaats bij inademing?
- A 1 - 2 - 3 - 4 - 5.
 - B 3 - 5 - 1 - 4 - 2.
 - C 4 - 2 - 1 - 5 - 3.
 - D 5 - 3 - 4 - 2 - 1.
- 2 In afbeelding 43 is de borstkas schematisch getekend na een diepe uitademing en na een diepe inademing.

▼ Afb. 43



1

2

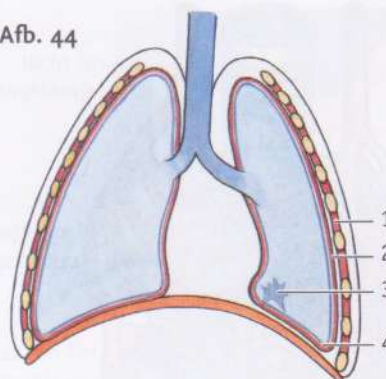
Welke van de spieren die een rol spelen bij de ademhaling worden gewoonlijk samengetrokken bij de overgang van afbeelding 43.1 naar afbeelding 43.2?

- A Alleen de middenrifspieren.
 - B Alleen bepaalde tussenribspieren.
 - C Alleen de middenrifspieren en bepaalde tussenribspieren.
 - D De buikspieren, de middenrifspieren en bepaalde tussenribspieren.
- 3 Wat zou er bij inademing gebeuren als de ruimte tussen borstvlies en longvlies niet met vocht was gevuld, maar in verbinding stond met de buitenlucht?
- A De druk in de borstholte zou kleiner worden.
 - B De druk in de longen zou kleiner worden.

- C De longen zouden de bewegingen van de borstkas niet voldoende volgen.
- D Het middenrif zou niet voldoende kunnen bewegen ten opzichte van de longen.

- 4 In bepaalde gevallen van (ernstige) longontsteking kan door een operatieve ingreep de genezing van het ontstoken weefsel worden bevorderd. Deze ingreep berust op het principe dat weefsels die tot rust worden gebracht, vaak sneller genezen dan weefsels die voortdurend in beweging zijn. Om dit bij een plaatselijke ontsteking in één long te bereiken, wordt gesteriliseerd stikstofgas via een buisje door de wand van de borstkas op een bepaalde plaats in de borstkas gebracht. Hierdoor schrompelt de long tijdelijk ineen. Op welke van de in afbeelding 44 aangegeven plaatsen moet het stikstofgas terechtkomen?
- A Tussen de twee groepen tussenribspieren (plaats 1).
 - B Tussen de tussenribspieren en het borstvlies (plaats 2).
 - C In longblaasjes op de plaats van de ontsteking (plaats 3).
 - D Tussen het longvlies en het borstvlies (plaats 4).

► Afb. 44

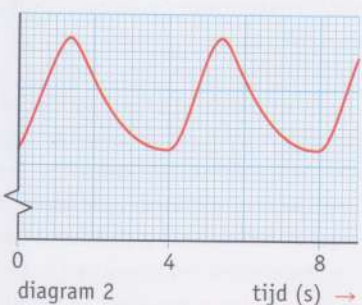
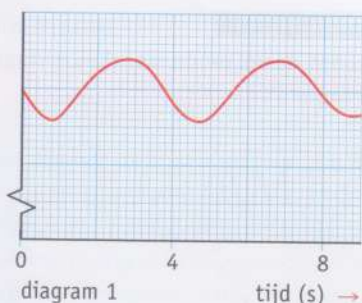


- 5 In afbeelding 45 zijn twee diagrammen getekend. In een van deze diagrammen is (vereenvoudigd) het drukverloop weergegeven van de lucht in de longen tijdens een aantal rustige ademhalingsbewegingen. Het andere diagram geeft de veranderingen weer van het longvolume tijdens deze ademhalingsbewegingen. Op tijdstip 0 begint de samentrekking van de middenrifspieren. Welk diagram geeft de veranderingen van het longvolume juist weer? Hoeveel inademingen zijn geregistreerd?

Longvolume weergegeven in	Aantal geregistreeerde inademingen
A diagram 1	2
B diagram 1	3
C diagram 2	2
D diagram 2	3

- A diagram 1
- B diagram 1
- C diagram 2
- D diagram 2

► Afb. 45



6 Een meisje hangt met het hoofd naar beneden aan een rekstok (zie afbeelding 46).

Waardoor kan uitademing plaatsvinden?

- A Door inwerking van de zwaartekracht op de borstkas.
- B Door ontspanning van spieren in de buikwand.
- C Door samentrekking van de binnenste tussenribspieren.
- D Door samentrekking van de middenrifspieren.

► Afb. 46



DOELSTELLING 4

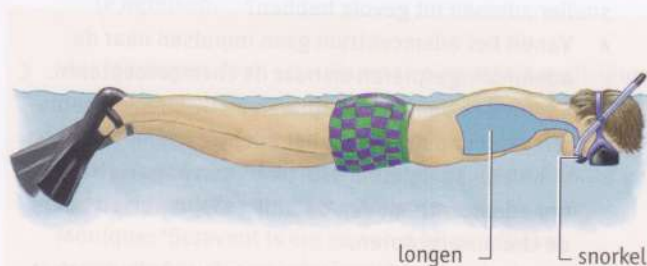
Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

1 In afbeelding 47 is een persoon getekend die vlak onder de oppervlakte in het water drijft en door een snorkel ademt. De persoon is verder in rust. Zijn zuurstofverbruik is hetzelfde als boven water zonder snorkel, onder meer doordat het water warm is. Zijn ademvolume is echter groter.

Wat is de verklaring voor dit grotere ademvolume in rust?

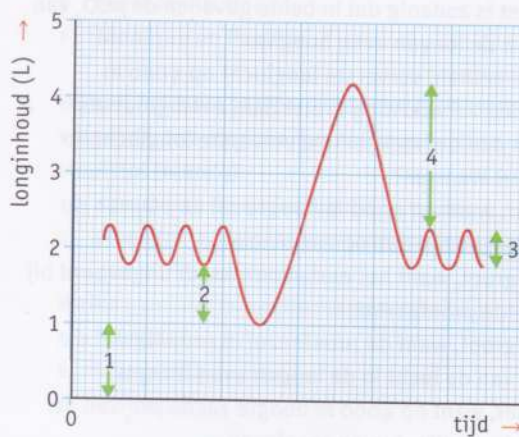
- A De dode ruimte is toegenomen, waardoor er per adembeweging meer lucht moet worden verplaatst.
- B De dode ruimte is afgenomen, waardoor minder lucht in aanraking komt met het gaswisselingsoppervlak.
- C Door de grotere druk onder water neemt de $p\text{CO}_2$ van het bloed toe.
- D Door de grotere druk onder water wordt in de longen minder goed zuurstof opgenomen.

▼ Afb. 47



De volgende gegevens behoren bij de vragen 2 en 3. In afbeelding 48 is voor een bepaalde persoon het gemiddeld longvolume bij verschillende diepten van ademhaling in een diagram weergegeven.

▼ Afb. 48



- 1 = restvolume (RV)
- 2 = expiratoir reservevolume (ERV)
- 3 = ademvolume (VT)
- 4 = inspiratoir reservevolume (IRV)

2 Na een rustige ademhaling ademt deze persoon zo diep mogelijk in. Direct hierna ademt zij zo diep mogelijk uit. Hoe groot is haar vitale capaciteit?

- A Ongeveer 2,4 L.
- B Ongeveer 3,2 L.
- C Ongeveer 4,2 L.

- 3 Hoe groot is het totale longvolume van deze persoon?
- A Ongeveer 2,4 L.
 - B Ongeveer 3,2 L.
 - C Ongeveer 4,2 L.

DOELSTELLING 5

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 Iemand die hardloopt, gaat sneller ademen. Bij deze aanpassing van de ademfrequentie spelen onder andere het ademcentrum in de hersenstam, de ademhalingsspieren en chemoreceptoren een rol. Langs welke weg worden de impulsen geleid die het sneller ademen tot gevolg hebben?
- A Vanuit het ademcentrum gaan impulsen naar de ademhalingsspieren en naar de chemoreceptoren.
 - B Vanuit de ademhalingsspieren en de chemoreceptoren gaan impulsen naar het ademcentrum.
 - C Vanuit de ademhalingsspieren gaan impulsen naar het ademcentrum; van daaruit gaan impulsen naar de chemoreceptoren.
 - D Vanuit de chemoreceptoren gaan impulsen naar het ademcentrum; van daaruit gaan impulsen naar de ademhalingsspieren.
- 2 In een onderzoek wordt bij een proefpersoon in rust de hoeveelheid ververste longlucht per uur bepaald. Het onderzoek wordt uitgevoerd op zeeniveau en daarna bij dezelfde proefpersoon herhaald op 4000 m hoogte. De proefopzet is zodanig dat in beide gevallen de $p\text{CO}_2$ van de lucht in de longen even hoog is. Is de hoeveelheid ververste longlucht op 4000 m hoogte naar verwachting groter dan, even groot als of kleiner dan de hoeveelheid ververste longlucht op zeeniveau? Waarom?
- A Groter, want op 4000 m hoogte zal de $p\text{O}_2$ van de lucht lager zijn dan op zeeniveau.
 - B Even groot, want het onderzoek wordt uitgevoerd bij dezelfde proefpersoon.
 - C Even groot, want de proefopzet is zodanig dat de $p\text{CO}_2$ van de lucht in de longen even hoog is.
 - D Kleiner, want op 4000 m hoogte zal de $p\text{O}_2$ van de lucht lager zijn dan op zeeniveau.
- 3 Wat is er aan de hand bij hyperventilatie?
- A Er wordt te langzaam en te oppervlakkig geademd, waardoor de $p\text{O}_2$ van het bloed lager is dan normaal.
 - B Er wordt te langzaam en te oppervlakkig geademd, waardoor de $p\text{CO}_2$ van het bloed hoger is dan normaal.
 - C Er wordt te snel en te diep geademd, waardoor de $p\text{O}_2$ van het bloed lager is dan normaal.
 - D Er wordt te snel en te diep geademd, waardoor de $p\text{CO}_2$ van het bloed lager is dan normaal.

DOELSTELLING 6

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen over de context 'Astma'.

ASTMA

Een veelvoorkomende ziekte is astma. Een belangrijke oorzaak van astma is een allergische reactie op uitwerpselen van de huisstofmijt. Joost blijkt die allergische reactie te hebben.

De huisstofmijt is een zeer klein spinachtig beestje dat in alle Nederlandse huizen voorkomt. Het beestje zit vooral in het huisstof en daaraan dankt het ook zijn naam. De uitwerpselen van de huisstofmijt zijn de belangrijkste prikkelende stoffen in huisstof.

De huisstofmijt voedt zich vooral met de huidschilfers van mens en dier. Het beestje leeft het prettigst in een warme, vochtige omgeving. In vochtige huizen komen extra veel huisstofmijten voor. In de zomermaanden (warm) en in de herfst (nat) neemt hun aantal toe. De huisstofmijt komt vooral voor in vloerbedekking, matrassen, kussens, enzovoort. Vooral het bed is een goede plaats voor hem: warm en door het normale transpireren ook vochtig. Bovendien is er voldoende voedsel.

Mensen met astma hebben regelmatig een aanval van astma. Spiertjes in de kleine bronchiolen trekken dan samen waardoor het ademen moeilijker gaat. Niemand heeft precies dezelfde klachten bij astma. Dat komt omdat er verschillende soorten astma zijn. Er zijn dan ook verschillende soorten medicijnen (zie afbeelding 49).

Behalve een allergie tegen huisstofmijt zijn er nog vele andere allergieën mogelijk bij astmapatiënten. Via een huidtest kan worden bepaald om welke allergie het gaat. Een reeks druppels wordt op de huid van de onderarm van de proefpersoon gebracht. Een van die druppels bevat alleen controlevloeistof, de andere druppels bevatten de te testen stoffen. Vervolgens wordt door de druppels heen in de huid geprikt, waardoor de testvloeistof in de huid doordringt. Wanneer de proefpersoon allergisch is voor een geteste stof, ontstaat op de onderzochte plaats een soort blaas.

Twee Canadese artsen ontwikkelden een nieuwe behandelmethode voor astma. Bij deze nieuwe techniek, 'bronchiale thermoplastiek' genaamd, brengen artsen een flexibel slangetje via de neus of de mond in de luchtwegen van de patiënt. Een sonde

▼ Afb. 49 Medicijnen bij astma.

LUCHTWEGVERWIJDERS**Werking:**

- verwijden de luchtwegen;
- beschermen tegen inspanningsastma.

Kortwerkende luchtwegverwijders

Salbutamol (Aerolin, Airomir, Ventolin), terbutaline (Bricanyl) fenoterol / ipratropium (Berodual), salbutamol / ipratropium (Combivent), ipratropium (Atrovent), fenoterol / ipratropium (Berodual; combinatie van Berotec en Atrovent), salbutamol / ipratropium (Combivent; combinatiemiddel).

Langwerkende luchtwegverwijders

Formoterol (Foradil, Oxis), salmeterol (Serevent).
Combinatiemiddelen: salmeterol / fluticason (Serotide) en formoterol / budesonide (Symbicort).

ONTSTEKINGSREMMERS**Werking**

- beschermen tegen prikkels;
- voorkomen inspanningsastma.

Ontstekingsremmende inhalatiemiddelen

Natriumcromoglicaat (Locomudal), nedocromil (Tilade), beclometason (Aerobec, Becotide, Qvar), budesonide (Pulmicort) en fluticason (Flixotide).

Ontstekingsremmende tabletten

Betamethason (Celestone), dexamethason, prednison, prednisolon of triamcinolon.

aan het eind van dit slangetje warmt de luchtwegen tien seconden plaatselijk op tot 65 °C. Door deze hoge temperatuur worden spiercellen in bronchiën weggebrand, waardoor deze minder heftig kunnen reageren. Door een lichte verdoving voelt de patiënt niets van de behandeling.

Volgens de onderzoekers speelt bij astmathherapie het placebo-effect een grote rol. Als iemand alleen maar het idee heeft dat hij wordt behandeld, lijkt dat ook al te helpen tegen de klachten. Om te bewijzen dat het wegbranden van de spiercellen helpt tegen astma werd ook bij een andere groep astmapatiënten een behandeling uitgevoerd (controlegroep).

- 1 Langs welke weg komen de uitwerpselen van de huisstofmijt het lichaam van Joost binnen?
- Via de darmen.
 - Via de huid.
 - Via de luchtwegen.
 - Via de urinewegen.

- 2 Kinderen met een ernstige vorm van astma gaan soms naar Davos in Zwitserland. Dat ligt op 1550 m boven zeeniveau, waar de huisstofmijt niet voorkomt. Wat is daarvan de meest waarschijnlijke oorzaak?
- De lucht bevat daar een te lage concentratie zuurstof voor de huisstofmijt.
 - De temperatuur komt daar geregeld onder het tolerantieminimum van de huisstofmijt.
 - Er is in het hooggebergte niet voldoende voedsel voor de huisstofmijt.
 - Er zijn voor de huisstofmijt geen mogelijkheden om vanuit zijn oorspronkelijke leefgebied Davos te bereiken.

- 3 Vier leerlingen doen een uitspraak over astmamedicijnen. Bart: 'Ventolin is nuttig als een astmapatiënt wil gaan sporten.'

Joost: 'Voor een astmapatiënt die veel slijm in de longen heeft, is Flixotide een prima medicijn.'

Monique: 'Serevent is erg gewenst bij een flinke verkoudheid van een astmapatiënt.'

Pauline: 'Een astmapatiënt zal na gebruik van prednison een veel grotere vitale capaciteit blijken te hebben.'

Welke leerlingen hebben gelijk?

- Bart en Joost.
 - Bart en Monique.
 - Bart en Pauline.
 - Joost en Monique.
 - Joost en Pauline.
 - Monique en Pauline.
- 4 Bij een huidtest kan een onderzoeker kiezen uit de volgende drie vloeistoffen om te gebruiken als controle-vloeistof (blanco):
- serum van de onderzochte persoon;
 - vloeistof waarin de te testen stoffen worden opgelost;
 - gedestilleerd water.
- Welke vloeistof is het meest geschikt?
- Vloeistof 1.
 - Vloeistof 2.
 - Vloeistof 3.
- 5 Een van de manieren om te evalueren of de therapie die de twee Canadezen onderzochten werkt, is om de longfunctie van de patiënten te bestuderen. Twee eigenschappen van de ademhaling die kunnen worden onderzocht, zijn:
- de vitale capaciteit;
 - de peak-flow (dit is de hoeveelheid lucht die iemand in de eerste seconde van uitademing kan uitblazen).

Welke van deze twee eigenschappen zal verbeteren door de 'bronchiale thermoplastiek'?

- A Geen van beide.
- B Alleen de vitale capaciteit.
- C Alleen de peakflow.
- D Beide eigenschappen zullen verbeteren.

- 6 Bij de behandelde patiënten wordt ook het medicijngebruik bekeken. Het medicijngebruik bij astma is tot bepaalde hoogte afhankelijk van de klachten die men op dat moment heeft.

De resultaten worden weergegeven in een grafiek waarin op de y-as het medicijngebruik is weergegeven. Het normale medicijngebruik wordt op 100% gesteld. Op de x-as staan drie verschillende proefgroepen (1, 2 en 3) (zie afbeelding 50).

Groep 1 bestaat uit de patiënten die geen behandeling hebben gehad.

Groep 2 bestaat uit de patiënten die de controlebehandeling hebben gehad.

Groep 3 bestaat uit de patiënten die de 'bronchiale thermoplastiek'-behandeling hebben gehad.

Ga ervan uit dat de therapie werkt, maar ook dat de onderzoekers gelijk hebben en dat er een placebo-effect optreedt.

Welk diagram geeft op de juiste wijze de resultaten van de onderzoekers weer?

- A Diagram P.
- B Diagram Q.
- C Diagram R.
- D Diagram S.

DOELSTELLING 7

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 In het lichaam van de mens kunnen onder andere de volgende processen plaatsvinden:
 - 1 onschadelijk maken van giftige stoffen die in het bloed aanwezig zijn;
 - 2 opslag van glycogeen;
 - 3 productie van insuline;
 - 4 vorming van niet-essentiële aminozuren.
 Welke van deze processen kunnen plaatsvinden in de lever?
 - A Alleen de processen 1, 2 en 3.
 - B Alleen de processen 1, 2 en 4.
 - C Alleen de processen 2, 3 en 4.
 - D De processen 1, 2, 3 en 4.
- 2 Geelzucht wordt dikwijls veroorzaakt door een aandoening van de lever. De lever kan dan bepaalde activiteiten niet in voldoende mate verrichten.

▼ Afb. 50

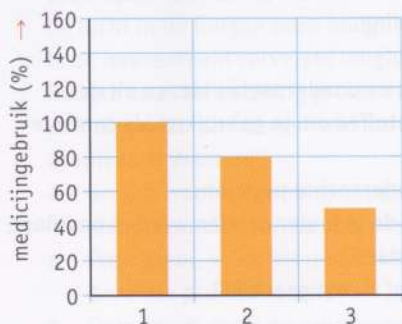


diagram P

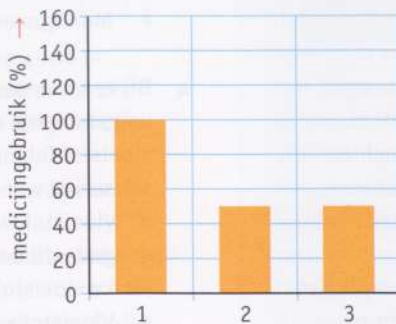


diagram Q

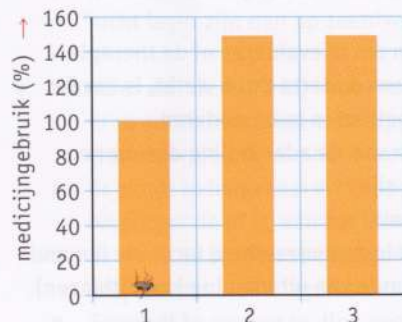


diagram R

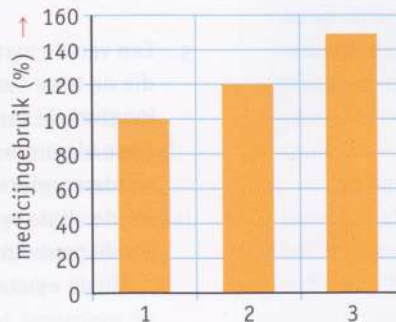


diagram S

Een afbraakproduct dat normaal aan de twaalfvingerige darm wordt afgegeven, wordt bij geelzucht onvoldoende door de lever uit het bloed verwijderd. Hierdoor krijgt de patiënt een gele kleur.

Is dit een afbraakproduct van cholesterol of van hemoglobine? Is dit afbraakproduct ureum?

Afbraakproduct van	Afbraakproduct is ureum
A cholesterol	ja
B cholesterol	nee
C hemoglobine	ja
D hemoglobine	nee

- 3 Een echtpaar eet gedurende de maand december meer dan normaal en neemt daardoor sterk in gewicht toe. In die maand bevat hun voedsel een overmaat aan eiwitten, koolhydraten en vetten. Bij onderzoek blijkt dat hun sterke gewichtstoename grotendeels is veroorzaakt door het aanzienlijk dikker worden van de laag vetweefsel onder de huid.

Uit welke stoffen in hun voedsel kan direct of indirect het vet zijn gevormd dat zich nu onder hun huid bevindt?

- A Alleen uit vetten.
- B Alleen uit eiwitten en vetten.
- C Alleen uit koolhydraten en vetten.
- D Uit eiwitten, koolhydraten en vetten.

DOELSTELLING 8

Beantwoord de volgende vragen.

In afbeelding 51 is een gedeelte van een leverlobje schematisch getekend.

- 1 Welke pijl geeft aan langs welke weg ureum vooral wordt afgevoerd?
- 2 Welke pijl geeft aan langs welke weg stoffen die de uitwerpselen kleuren vooral worden afgevoerd?
- 3 In de lever wordt glucose omgezet in glycogeen. Het glycogeen wordt opgeslagen. De schommelingen van de glucoseconcentratie van het bloed in de bloedvaten van afbeelding 51 worden met elkaar vergeleken. In welk van de drie bloedvaten varieert de glucoseconcentratie het sterkst? Leg je antwoord uit.

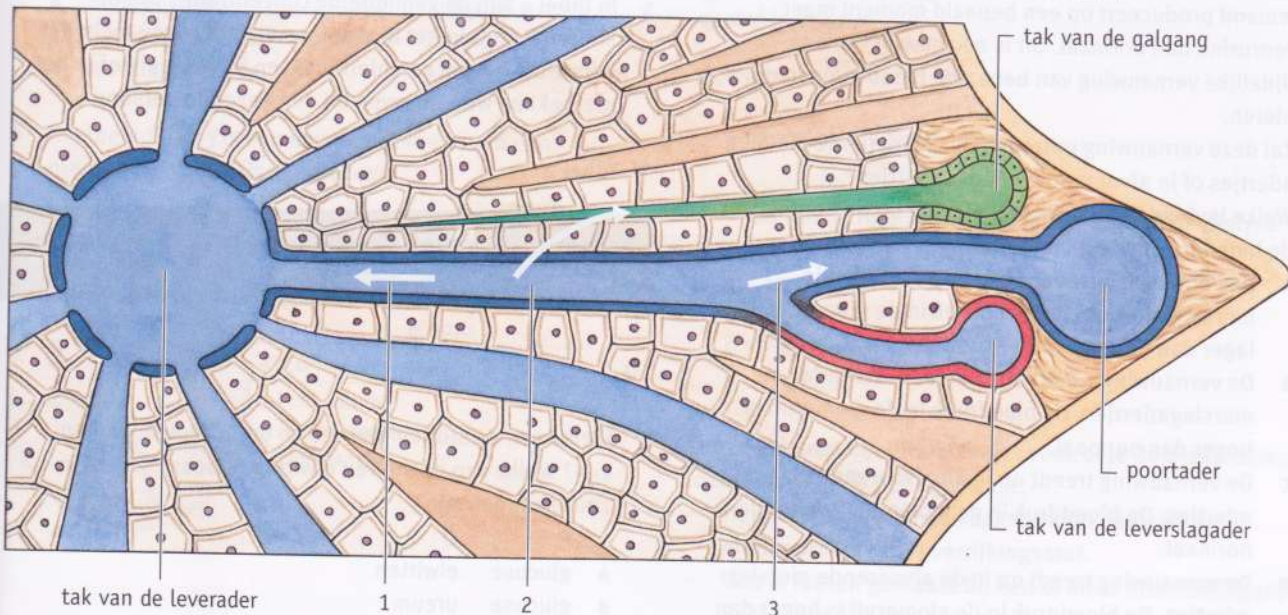
DOELSTELLING 9

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

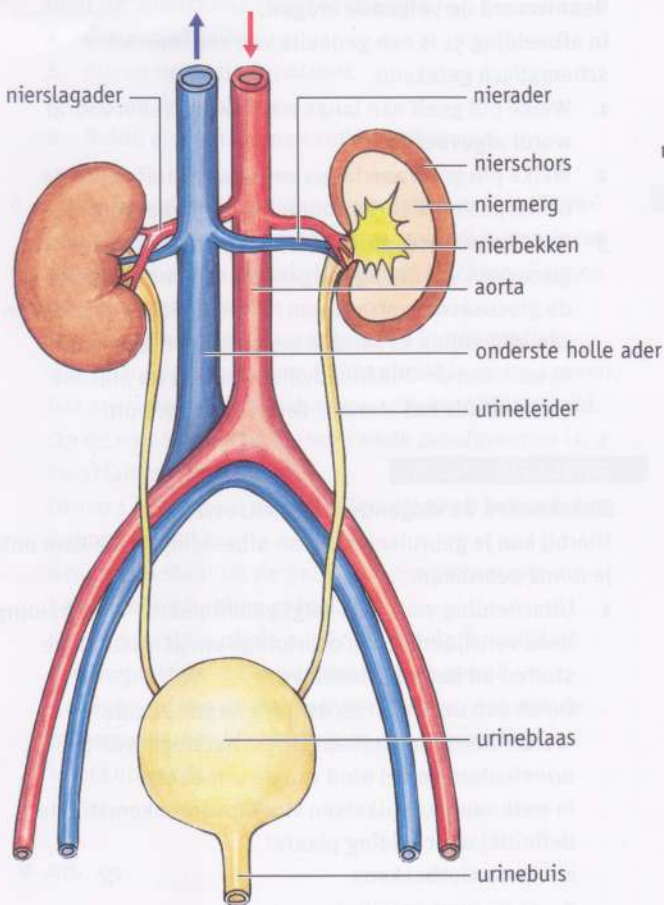
Hierbij kun je gebruikmaken van afbeelding 52. Je kunt ook je *Binas* gebruiken.

- 1 Uitscheiding wordt als volgt gedefinieerd: 'Uitscheiding is de verwijdering van overtollige en/of schadelijke stoffen uit het interne milieu.'
Delen van de nieren en de urinewegen zijn de nierbekkens, de nierkapseltjes, het begin van de urineleiders en het eind van de urinebuis.
In welk van deze plaatsen vindt (overeenkomstig de definitie) uitscheiding plaats?
A In de nierbekkens.
B In de nierkapseltjes.
C Aan het begin van de urineleiders.
D Aan het eind van de urinebuis.

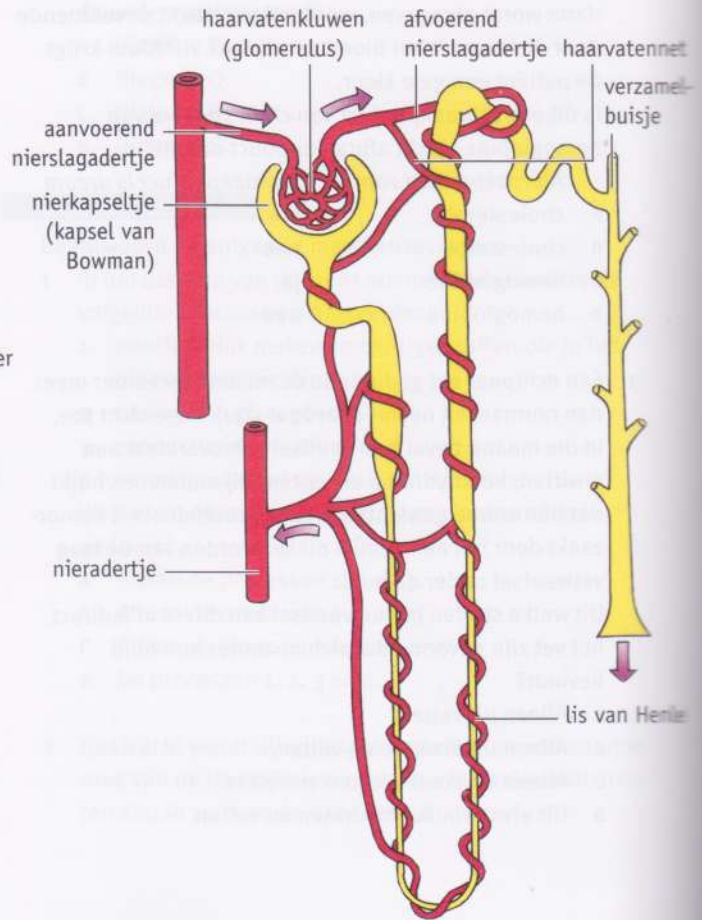
▼ Afb. 51



▼ Afb. 52



1 nieren en urinewegen



2 een niereenheid (nefron)

2 Iemand produceert op een bepaald moment meer voorurine dan normaal. Dit is een gevolg van een tijdelijke vernauwing van bepaalde bloedvaten in de nieren.

Zal deze vernauwing optreden in aanvoerende nierslagadertjes of in afvoerende nierslagadertjes?

Welke invloed heeft deze vernauwing op de hoogte van de bloeddruk in de glomeruli?

- A De vernauwing treedt op in de aanvoerende nierslagadertjes. De bloeddruk in de glomeruli is lager dan normaal.
- B De vernauwing treedt op in de aanvoerende nierslagadertjes. De bloeddruk in de glomeruli is hoger dan normaal.
- C De vernauwing treedt op in de afvoerende nierslagadertjes. De bloeddruk in de glomeruli is lager dan normaal.
- D De vernauwing treedt op in de afvoerende nierslagadertjes. De bloeddruk in de glomeruli is hoger dan normaal.

3 In tabel 4 zijn de gemiddelde concentraties van de stoffen P en Q in het bloedplasma, in de vloeistof in het eerste stukje van een nierbuisje en in de vloeistof in het nierbekken weergegeven bij een gezonde persoon.

▼ Tabel 4

	Bloedplasma	Vloeistof in eerste stukje nierbuis	Vloeistof in nierbekken
P	0,03%	0,03%	2%
Q	0,1%	0,1%	0%

Welke van de stoffen glucose en ureum zou P kunnen zijn? Welke van de stoffen eiwitten, glucose en ureum zou Q kunnen zijn?

- | | P | Q |
|---|---------|----------|
| A | glucose | eiwitten |
| B | glucose | ureum |
| C | ureum | eiwitten |
| D | ureum | glucose |

4 Bij een bepaalde vrouw bevinden zich ziekteverwekkende bacteriën in de urineleiders. De patiënte neemt via de mond een geneesmiddel in dat de bacteriegroei remt. De concentratie van dit geneesmiddel in het bloed mag niet te hoog worden, omdat het geneesmiddel anders voor de patiënte zelf schadelijk wordt. Een te lage concentratie in de urineleiders heeft echter onvoldoende effect op de bacteriën.

Welke van de volgende eigenschappen moet het geneesmiddel hebben om, gezien de genoemde gegevens, zo effectief mogelijk te werken?

- A Het geneesmiddel mag de wanden van de bloedvaten niet passeren.
- B Het geneesmiddel mag niet in de voorurine terechtkomen.
- C Het geneesmiddel mag niet vanuit de nierbuisjes worden teruggeresorbeerd.
- D Het geneesmiddel moet snel door de lever worden afgebroken.

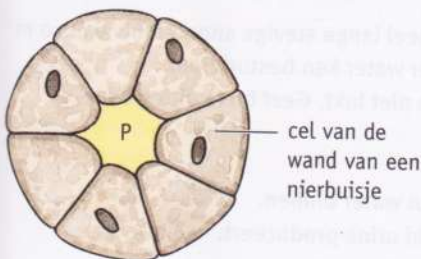
5 Het hormoon ADH uit de hypofyse bevordert de terugresorptie van water in de nieren. Bij een persoon geeft de hypofyse op een bepaald moment meer ADH af. In welke bloedvaten zal door de verhoogde afgifte van ADH de osmotische waarde van het bloed het eerst veranderen: in nieradertjes of in nierslagadertjes? Betreft deze verandering een daling of een stijging van de osmotische waarde van het bloed?

De osmotische waarde zal het eerst veranderen in *Deze verandering betreft een*

- A nieradertjes. daling.
- B nieradertjes. stijging.
- C nierslagadertjes. daling.
- D nierslagadertjes. stijging.

6 In afbeelding 53 is een dwarsdoorsnede van een nierbuisje schematisch getekend.

▼ Afb. 53

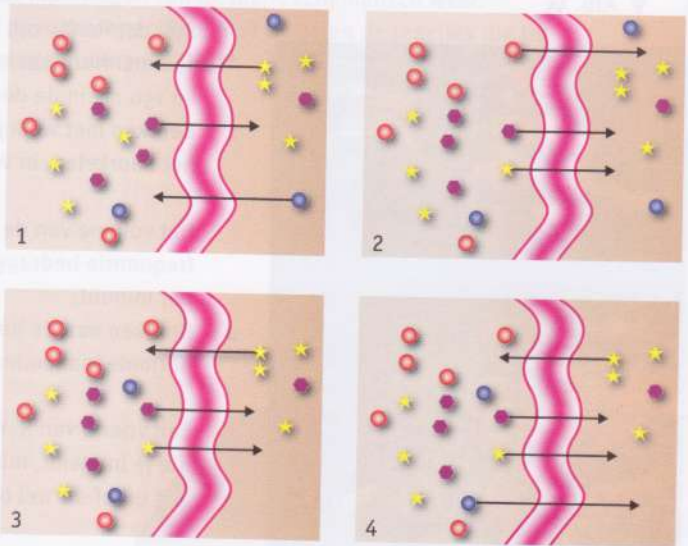


Wat gebeurt er met het grootste deel van de ionen die door de wandcellen vanuit P worden geresorbeerd uit de voorurine?

- A De ionen worden afgegeven aan het bloed.
- B De ionen worden afgegeven aan het verzamelbuisje.
- C De ionen worden teruggegeven aan het nierbuisje.

7 Joao werkt op de dialyse-afdeling van een ziekenhuis. In afbeelding 54 wordt de dialyse in een kunstnier schematisch voorgesteld met bepaalde symbolen.

▼ Afb. 54



- Legenda:
- rood bloedlichaampje
 - stof in de urine
 - zout
 - eiwit

⎓ semipermeabele membraan

Welk van de figuren in afbeelding 54 geeft de dialyse correct weer?

- A Figuur 1.
- B Figuur 2.
- C Figuur 3.
- D Figuur 4.

Controleer met het uitwerkingenboek of je de diagnostische-toetsvragen goed hebt gemaakt.

- Heb je geen fouten gemaakt? Begin dan aan de eindopdracht en de verrijkingsstof.
- Heb je fouten gemaakt bij een of meer doelstellingen? Bestudeer dan nog eens de theorie. Ga na wat je precies fout heb gedaan. Begin daarna aan de eindopdracht en de verrijkingsstof.

Eindopdracht

De eindopdracht geeft een overzicht over het thema en bevat (examen)opgaven over leerstof uit dit thema en voorgaande thema's. Met de eindopdracht kun je je voorbereiden op de eindtoets en op je eindexamen.

opdracht 1

▼ Afb. 55



Op Curaçao kun je heerlijk snorkelen. Renée wil mooie vissen in zee zien. Met haar snorkel en duikbril kan zij enorm genieten van wat zich onder water afspeelt (zie afbeelding 55).

Stel dat Renée 0,5 L lucht inademt via haar snorkel, die een inhoud heeft van 100 mL. Normaal komt er van de ingeademde lucht ongeveer 350 mL in de longen en 150 mL in de dode ruimte, het gedeelte van mond en neus tot aan de longen.

- 1 Bereken met welk percentage het volume dat de longen bereikt, afneemt tijdens het snorkelen, in vergelijking met normale inademing.

Het volume van de dode ruimte bij een volwassene is 150 mL. De ademhalingsfrequentie bedraagt bij volwassenen in rust gemiddeld veertien ademhalingen per minuut.

- 2 Bereken aan de hand van de deze gegevens hoeveel liter lucht per minuut bij normale inademing in de longblaasjes wordt ververs.

Een vriend van Renée vraagt zich af of door het ademen via de snorkel de lucht die je inademt, minder wordt gezuiverd.

- 3 Leg uit of dit wel of niet zo is.

Bij het ademen via een snorkel heeft de longlucht direct na inademing een lagere zuurstofconcentratie dan bij ademhaling zonder snorkel.

- 4 Hoe kan een snorkelaar het beste deze verlaging van de zuurstofconcentratie tegengaan?

- A Door sneller in- en uit te ademen.
- B Door dieper in- en uit te ademen.
- C Door in te ademen via de snorkel en uit te ademen in het water.
- D Door minder diep in het water te gaan liggen.
- E Door langzaam in te ademen en met kracht snel uit te ademen.
- F Door snel in te ademen en langzaam uit te ademen.

Het snorkelen bevalt prima. Renée wil een heel lange stevige snorkelbuis van 10 m lengte maken, zodat zij de vissen diep onder water kan bestuderen.

- 5 Leg uit dat snorkelen met een buis van 10 m niet lukt. Geef bij je uitleg twee argumenten.

Bij het snorkelen krijgt Renée nogal wat zout water binnen.

- 6 Leg uit dat Renée na het snorkelen extra veel urine produceert.

opdracht 2

Een nieuwe astmatherapie (examen havo 2010-2)

Mensen met astma kunnen soms moeilijk ademen: zij worden kortademig, ademen 'piepend' of moeten hoesten. Dit komt doordat hun luchtwegen snel geprikkeld raken door allerlei stoffen. De één krijgt bijvoorbeeld problemen door

huisstofmijt, de ander kan niet tegen huisdieren of pollen. Vaak ontstaan er klachten door niet-allergene prikkels zoals sigarettenrook, parfum en mist. De neus- en keelholte worden de bovenste luchtwegen genoemd. Bij astma gaat het om een ontsteking in de lagere luchtwegen: de longen.

Bij zo'n ontsteking treden de volgende reacties in de lagere luchtwegen op.

- De slijmvliezen aan de binnenkant van de luchtwegen zwellen op.
- De slijmvliezen produceren meer slijm en vocht dan normaal.
- De spiertjes om de luchtwegen trekken samen en raken verkramppt.

Gevolgen van die reacties zijn:

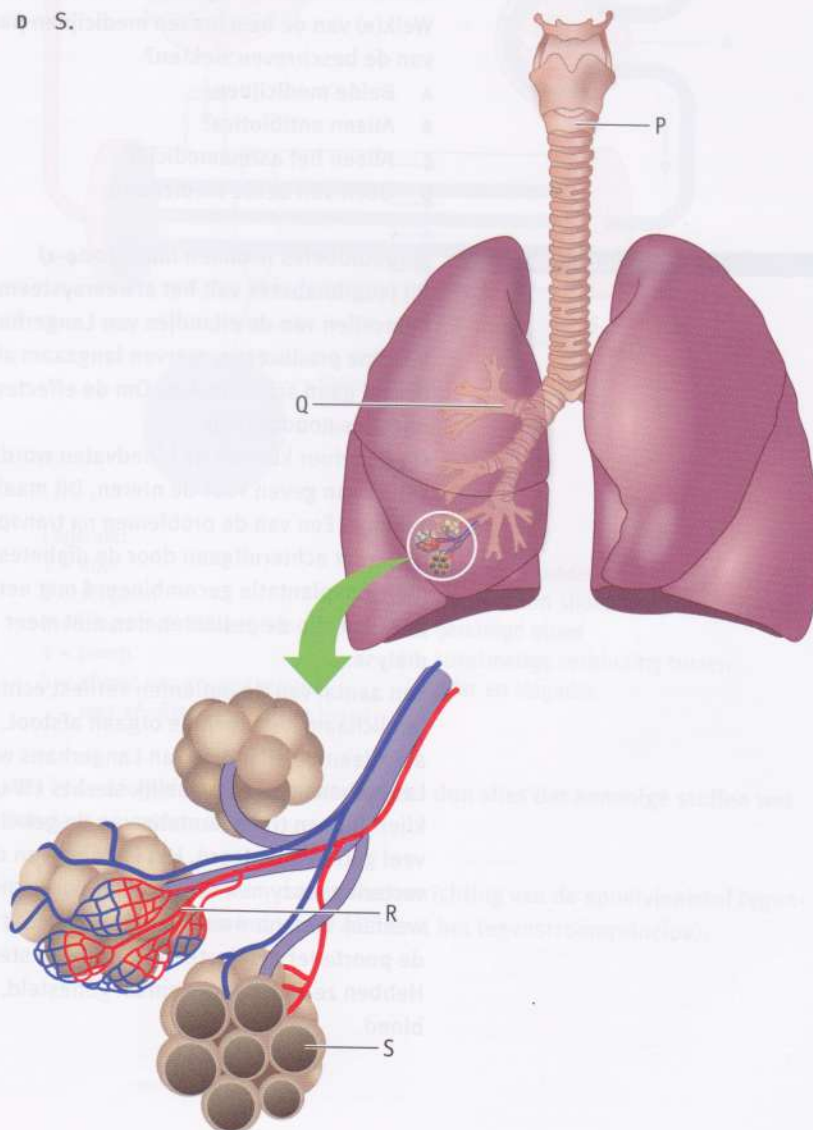
- de doorgang voor de lucht wordt kleiner, dit maakt de ademhaling moeilijker;
- de lucht wordt niet genoeg ververst, wat leidt tot benauwdheid.

Afbeelding 56 geeft de luchtwegen van de mens schematisch weer.

- 1 In welk gedeelte van de luchtwegen P, Q, R of S spelen de reacties die tot astmaklachten leiden zich voornamelijk af?

- A P.
- B Q.
- C R.
- D S.

► Afb. 56



- 2 De doorgang in de luchtwegen wordt bij een astma-aanval belemmerd. Hierdoor kost het meer moeite om dezelfde hoeveelheid lucht binnen te halen. Noem twee spiergroepen die bij een astma-aanval meer energie gaan verbruiken om voldoende te kunnen ventileren.

De ontsteking bij astma is anders dan die bij longontsteking. Longontsteking is een bacteriële infectie van de longen. Een kind dat longontsteking krijgt, wordt acuut erg ziek, krijgt last van een snelle ademhaling en hoge koorts. De koorts houdt een paar dagen aan. Soms moet een kind ervan hoesten, mede door extra slijmproductie. Longontsteking wordt doorgaans behandeld met antibiotica. Astma wordt onder andere bestreden met medicijnen die worden toegediend als 'pufjes'. Dit zijn stoffen die worden geïnhaleerd. Een van die pufjes die wordt gebruikt bij astma zorgt ervoor dat de spiertjes rond de luchtwegen ontspannen. De medicijnen uit de 'pufjes' leiden heel snel tot meer lucht bij een acute aanval van kortademigheid. Binnen vijf minuten na het inhaleren neemt de benauwdheid af.

- 3 Medicijnen kunnen dienen om de oorzaak van een ziekte aan te pakken of ze dienen ter bestrijding van de ziekteverschijnselen. Welk(e) van de beschreven medicijnen pakt (pakken) de oorzaak aan van een van de beschreven ziekten?
- A Beide medicijnen.
 - B Alleen antibiotica.
 - C Alleen het astmamedicijn.
 - D Geen van beide medicijnen.

opdracht 3

Jeugddiabetes (examen havo 2004-1)

Bij jeugddiabetes valt het afweersysteem van de patiënt de eigen zogeheten bètacellen van de eilandjes van Langerhans aan. Deze cellen, die het hormoon insuline produceren, sterven langzaam af. Hierdoor kan de glucoseconcentratie te veel gaan schommelen. Om de effecten daarvan tegen te gaan, zijn insuline-injecties noodzakelijk.

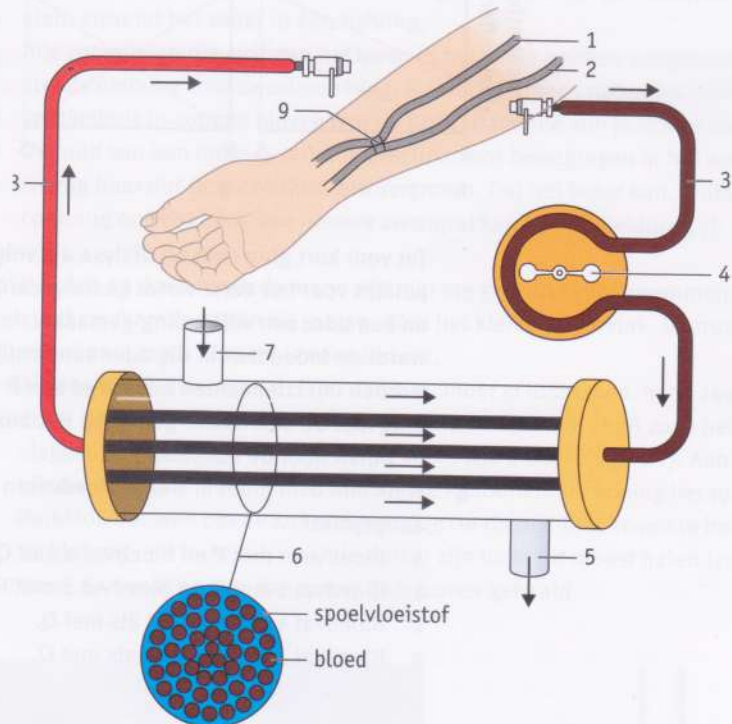
Op den duur kunnen de bloedvaten worden aangetast, wat onder andere complicaties kan geven voor de nieren. Dit maakt dialyse en niertransplantatie noodzakelijk. Een van de problemen na transplantatie is dat de donornieren naderhand ook weer achteruitgaan door de diabetes. Daarom wordt bij diabetespatiënten een niertransplantatie gecombineerd met een alvleeskliertransplantatie. In de meeste gevallen zijn de patiënten dan niet meer afhankelijk van insuline-injecties en dialyse.

Een aantal van de patiënten verliest echter na enige tijd de alvleesklier doordat het lichaam het vreemde orgaan afstoot. Deze patiënten waren beter af geweest als alleen de eilandjes van Langerhans waren getransplanteerd. De eilandjes van Langerhans maken namelijk slechts 1% uit van het totale gewicht van de alvleesklier. Bij een transplantatie van de gehele alvleesklier wordt dus in feite 99% te veel getransplanteerd. Het isoleren van de eilandjes van Langerhans gebeurt met verteringsenzymen die de eilandjes losmaken van het omringende alvleesklierweefsel. Daarna worden ze gezuiverd en ten slotte onder plaatselijke verdoving in de poortader geïnjecteerd. Ze blijven steken in de kleine bloedvaten van de lever. Hebben ze zich daar eenmaal genesteld, dan kunnen ze insuline afgeven aan het bloed.

- 1 Gelet op de functie van de eilandjes van Langerhans is injectie van deze eilandjes in de poortader efficiënter dan in enig ander bloedvat.
Leg dit uit.

Als de nieren niet goed meer werken, kan dialyse een oplossing zijn. Hierbij wordt het bloed van de patiënt door een kunstnier geleid. Afbeelding 57 toont een schema van de werking van een kunstnier. In de kunstnier stroomt het bloed door honderden heel dunne buisjes. De wanden van deze buisjes bestaan uit een zeer dun vlies dat sommige stoffen doorlaat en andere niet. De buisjes zijn omgeven door spoelvoeistof. Deze vloeistof neemt de afvalstoffen uit het bloed op. Een dialysebehandeling duurt een aantal uren.

► Afb. 57



Legenda:

- | | |
|---|--|
| 1 = ader | 6 = dwarsdoorsnede kunstnier |
| 2 = slagader | 7 = aanvoer van spoelvoeistof |
| 3 = bloed met afvalstoffen | 8 = gereinigd bloed |
| 4 = pomp | 9 = kunstmatige verbinding tussen ader en slagader |
| 5 = afvoer van spoelvoeistof met afvalstoffen uit het bloed | |

- 2 Wat is de biologische term voor een zeer dun vlies dat sommige stoffen wel doorlaat en andere niet?

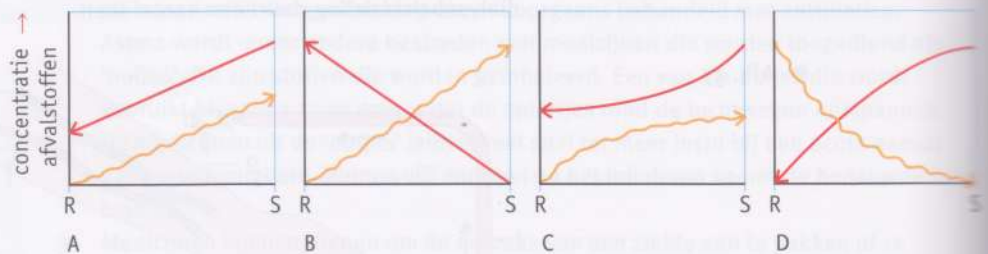
In afbeelding 57 is te zien dat de stroomrichting van de spoelvoeistof tegengesteld is aan die van het bloed (dit heet het tegenstroomprincipe).

- 3 In afbeelding 58 wordt de afgelegde weg van de bloedstroom en de vloeistofstroom aangegeven met pijlen. De concentratie van afvalstoffen is verticaal uitgezet.

Welke afbeelding is juist?

- A Diagram A.
B Diagram B.
C Diagram C.
D Diagram D.

► Afb. 58



Tot voor kort ging men bij dialyse als volgt te werk: circa zes weken voordat een patiënt voor het eerst wordt gedialyseerd, wordt in een arm tussen een slagader en een ader een verbinding gemaakt (zie nummer 9 in afbeelding 57). Hierdoor wordt de bloeddruk in die ader aanzienlijk hoger dan normaal. Voor dialyse worden injectienaalden bevestigd aan P en Q. Via deze naalden wordt de verbinding met de bloedbaan gemaakt. Het bloed stroomt vervolgens in de richting van de pijlen door de kunstnier.

- 4 Welk bloedvat moet of welke bloedvaten moeten met de naalden P en Q worden aangeprikt?
- A Bloedvat 1 met P en bloedvat 2 met Q.
B Bloedvat 1 met Q en bloedvat 2 met P.
C Bloedvat 1 met zowel P als met Q.
D Bloedvat 2 met zowel P als met Q.

1 Duiken

▼ Afb. 59



▼ Afb. 60 De ondergang van de Vasa en de redding van haar kanonnen.



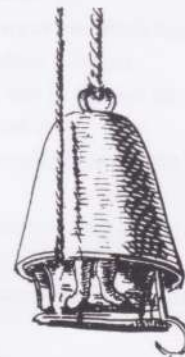
1 ondergang van de Vasa

Water is niet echt een favoriet milieu voor de mens. Longen bijvoorbeeld zijn in het water niet echt handig: doordat ze vol met lucht zitten, is het lastig om diep te duiken. Bovendien kun je met longen slecht ademen in water. Je zou ze erg vaak moeten volzuigen en leegblazen, doordat water veel minder zuurstof (9,2 mg/L) bevat dan lucht (299,4 mg/L). Kieuwen zijn veel geschikter: daar stroomt het water doorheen. Doordat een vis achtereenvolgens de bek en de kieuwdeksels opent en sluit, stroomt het water in één richting.

Alle zoogdieren die zich aan het leven in het water hebben aangepast, moeten steeds omhoog voor de ademhaling. Nu kan een mens natuurlijk duiken en via een snorkelbuis in contact blijven met de lucht. Daarmee kun je echter niet diep komen. De huid van een mens is redelijk geschikt voor bewegingen in het water; er is weinig haar dat de weerstand zou vergroten. Dat het beter kan, blijkt uit de continue ontwikkeling van nieuwe zwempakken (zie afbeelding 59).

Handen en voeten van de mens zijn niet erg geschikt voor zwemmen. Je kunt er niet goed kracht mee zetten bij je slag, door het kleine oppervlak. Daarom gebruiken zwemmers soms flippers (zwemvliezen).

Als een mens dieper wil duiken dan 1 m, moet er lucht mee. In de zeventiende eeuw had men daarvoor al een constructie bedacht. In 1628 zonk het Zweedse vlaggenschip de Vasa bij haar eerste tocht (zie afbeelding 60.1). Aan boord waren allerlei kostbaarheden, onder andere 64 kanonnen. De koning liet toen een ijzeren duikklok bouwen om de kanonnen van 30 m diepte naar boven te halen. Boven in de klok zat een luchtbel, waar de duiker zijn lucht uit moest halen (zie afbeelding 60.2). Er werden zo 50 kanonnen naar boven gehaald.



2 de duikklok

Een ooggetuige vertelde dat 'de duiker in leer gekleed was en twee laarzen over elkaar droeg. Hij ging op een loden platform staan dat onder de klok hing. Ik vroeg hoe lang hij op de bodem kon blijven. Hij beweerde een half uur. Maar dat was eind oktober en na een kwartier werd hij opgehesen en de man rilde van de kou hoewel hij van nature sterk en krachtig gebouwd was. Ik wilde het zelf proberen, maar kreeg de raad ervan af te zien omdat het water erg koud was en ik een ziekte kon oplopen.'

In onze tijd gebruikt men betere apparatuur bij een langdurig verblijf diep onder water, zoals een persluchtfles (SCUBA: Self Contained Underwater Breathing Apparat).

Duiken kan gevaarlijk zijn. Hoe dieper je duikt, hoe groter de druk. Immers, volgens de wet van Boyle is het product van het volume van het gas in je longen en de druk op dat gas constant. Dus hoe groter de druk, hoe kleiner het volume en andersom. Daarmee kun je verklaren waarom de ventilatie moeilijker wordt, zodat je met perslucht moet werken.

Een ander probleem is de gevreesde decompressieziekte of 'caissonziekte', een specifiek diepduikersprobleem dat al vele levens heeft geëist. Gassen zoals stikstof, koolstofdioxide en zuurstof (die in lucht en dus ook in perslucht zitten) lossen bij hogere druk beter op in vloeistof (zoals bloed). Dat betekent dat de concentratie aan die gassen bij toenemende duikdiepte snel groter wordt. Ook in de lichaamssweefsels zal de concentratie aan gassen daardoor toenemen.

Bij een langer durende duik zal er dus vooral veel meer stikstofgas in het lichaam worden opgeslagen dan aan de oppervlakte. Wanneer een duiker snel opstijgt uit de diepte, krijg je hetzelfde fenomeen als wanneer je een fles cola opent: plotseling ontstaan er als gevolg van de drukverlaging overal in het lichaam gasbelletjes. Afhankelijk van de plaats wáár de belletjes ontstaan, treden de klachten op. In het lichtste geval heb je alleen wat spierpijn, maar in ernstige gevallen kunnen er neurologische beschadigingen optreden.

Om deze decompressieziekte te voorkomen, moet een duiker heel geleidelijk opstijgen. Als dat niet kan, moet hij of zij met spoed in een decompressietank plaatsnemen waarin weer hoge druk heerst (zie afbeelding 61).

► Afb. 61 Decompressietank.



Ook onder water kan de hoge stikstofconcentratie al voor problemen zorgen. Stikstof kan je een gevoel van opwinding bezorgen, dat langzaam overgaat in een aangename slaperigheid en vervolgens in totale narcose. Hoe dieper, hoe gevaarlijker geldt ook hier. Dit verschijnsel wordt ook weleens dieptedronkenschap of 'rapture of the deep' genoemd. De symptomen zijn vergelijkbaar met die van dronkenschap en kunnen duikers roekeloos maken, met meestal fatale consequenties. Elke 10 m dieper duiken is te vergelijken met het drinken van één glas alcohol. De aanbevolen dieptegrens ligt voor recreatief duiken op 40 m. Dieper duiken dan

40 m (met perslucht; ook wel Deep Air genaamd) heeft een aantal nadelen. De grootste nadelen zijn dat de nultijd (de tijd die men beneden kan blijven zonder aan decompressie te hoeven doen) sterk afneemt en dat de narcotische werking door het aandeel stikstof in de lucht toeneemt. Door de narcose is het moeilijker om de juiste beslissingen te nemen. Om deze nadelen te voorkomen, wordt gedoken met mengsels van gassen en wordt de stikstof gedeeltelijk of geheel vervangen door een gas als helium. Bij het opstijgen kan men te maken krijgen met decompressiestops.

De laatste tijd is 'free diving' populair geworden: duiken zonder perslucht. Tweeduizend jaar geleden al jaagde men op diepte op vissen, sponzen en parels. In landen als Japan en Korea wordt nog steeds op deze manier gejaagd om in het levensonderhoud te voorzien. Free diving wordt nu ook als sport beoefend. Free divers zullen hun buikspieren actief aanspannen om te voorkomen dat ze toegeven aan de adem prikkel. In tabel 5 staan enkele wereldrecords free diving vermeld.

▼ Tabel 5

	Dames	Heren
Stilliggen onder water	Natalia Molchanova (Rusland) 9:05 min	Stéphane Mifsud (Frankrijk) 11:35 min
Horizontaal zwemmen met vinnen	Natalia Molchanova (Rusland) 182 m	Dave Mullins (Nieuw-Zeeland) 218 m
Naar de diepte met vinnen, met behulp van gewicht naar keuze	Tanya Streeter (USA) 160 m	Herbert Nitsch (Oostenrijk) 214 m

opdracht 1

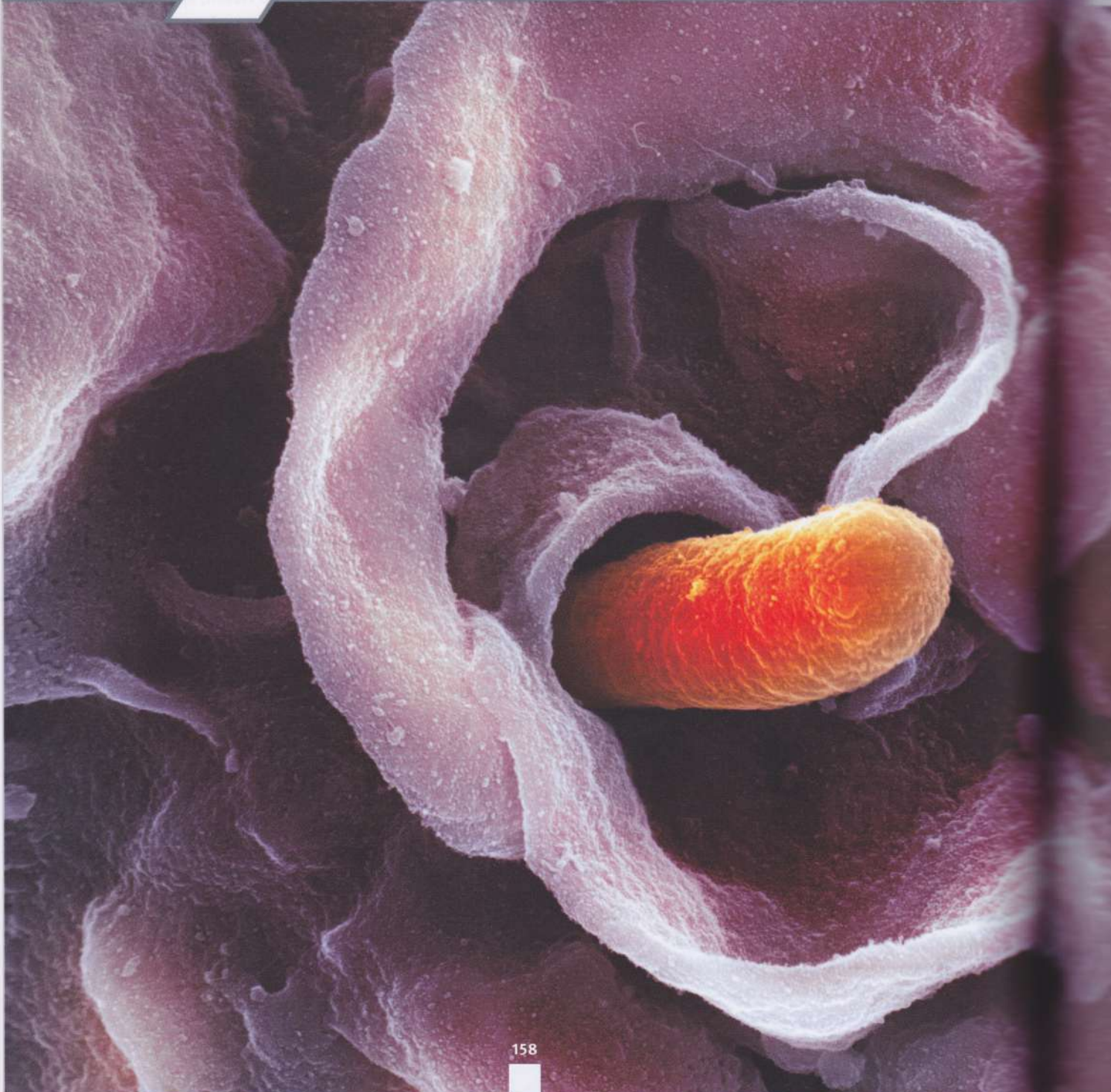
Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Wat is het voordeel van een modern badpak?
- 2 Waarom kun je in een duikklok niet lang onder water blijven?
- 3 Stel dat je een longvolume hebt van 6 L boven water, waar een druk heerst van 1 atmosfeer. Elke 10 m duiken betekent dat er 1 atmosfeer bijkomt. Bereken met behulp van de wet van Boyle het volume van je longen op 10, 20, 30 en 40 m diepte bij een duik. Zet je uitkomsten in een tabel.
- 4 Welk gas zal voor de grootste problemen zorgen als je vanuit de diepte snel omhooggaat? Leg je antwoord uit.
- 5 Niet-professionele duikers wordt sterk afgeraden om dieper dan 40 m te duiken. Geef daarvoor twee redenen.
- 6 Leg uit dat het aanspannen van de buikspieren functioneel is om de adem prikkel te onderdrukken.

WEB meer verrijkingstoffen vind je op ePack

7

Bescherming en evenwicht



BASISSTOF

- 1 De huid en bescherming 160
- 2 Afweer 168
- 3 Immuniteit 181
- 4 Transplantatie en bloedtransfusie 188
- 5 Evenwicht 196

SAMENVATTING 199

DIAGNOSTISCHE TOETS 202

EINDOPDRACHT 209

VERRIJKINGSSTOF 211

- 1 Allergie 211



Voor een ziekteverwekker is de interne omgeving van een dier of plant een ideale omgeving. Door mutaties en selectie is bij dieren en planten een immuunsysteem ontstaan dat bescherming biedt tegen ziekteverwekkers.

Het immuunsysteem wordt onderverdeeld in een aspecifiek afweersysteem dat alle dieren en planten bezitten en een specifiek afweersysteem dat alleen bij gewervelde dieren voorkomt. In dit thema worden de afweerreacties bij de mens tegen infecties behandeld. Ook wordt de rol die deze afweerreacties spelen bij orgaantransplantaties en bloedtransfusies besproken. Uiteindelijk blijken veel systemen in de biologie een bepaald evenwicht te handhaven.

1 De huid en bescherming

De huid beschermt het lichaam tegen invloeden van buiten, zoals beschadiging, het binnendringen van ziekteverwekkers (pathogenen) en DNA-beschadiging door ultraviolette straling. De huid gaat ook waterverlies door verdamping tegen, waardoor uitdroging wordt voorkomen. Als de huid is beschadigd door bijvoorbeeld een verbranding, heeft dit ernstige gevolgen.

LUUK

Barbecueën zal voor Luuk nooit meer hetzelfde zijn. Toen een vriend enkele jaren geleden spiritus op een slecht brandende barbecue gooide, kwam er een enorme steekvlam vanaf. Luuk stond meteen in brand en liep over zijn hele lichaam tweede- en derdegraadsbrandwonden op (zie afbeelding 1).

Een brandwond ontstaat wanneer de huid in aanraking komt met een temperatuur boven de 40 °C. De ernst van de brandwond wordt bepaald door de hoeveelheid hitte en de tijd die de hitte krijgt om in de huid te trekken. Hoe meer huidlagen zijn verwoest, des te ernstiger de brandwond. Verbrandingen zijn er in verschillende niveaus: eerste- graads, tweedegraads en derdegraads. Een eerstegraadsverbranding wordt geen brandwond genoemd omdat de huid niet kapot is (zie afbeelding 2.1). Een typisch voorbeeld hiervan is een zonverbranding.

Bij een tweedegraadsbrandwond zijn delen van de opperhuid weggebrand en delen van de lederhuid aangetast (zie afbeelding 2.2). Vaak ontstaan er dan blaren. Wanneer de opper- en lederhuid compleet zijn verwoest, spreekt men van een derdegraadsbrandwond (zie afbeelding 2.3). Omdat de hitte de tijd heeft gekregen diep door te dringen in de huid, zijn vaak ook het onderhuidse vetweefsel en de zenuwen aangetast.

Na het ongeluk werd Luuk meteen overgebracht naar het Brandwondencentrum. Tijdens zijn langdurige verblijf daar

kwam hij op een zeer steriele afdeling te liggen. Daar kreeg hij speciale voeding en werd vocht nauwkeurig toegediend. Iedere dag onderging Luuk pijnlijke verbandwissels om de wonden schoon te houden. Er waren meerdere operaties nodig om de wonden weer dicht te maken. Artsen gebruikten hiervoor huid van een ander deel van het lichaam, zogenaamde transplantatiehuid. Dit leverde littekens op, die voor altijd zichtbaar blijven.

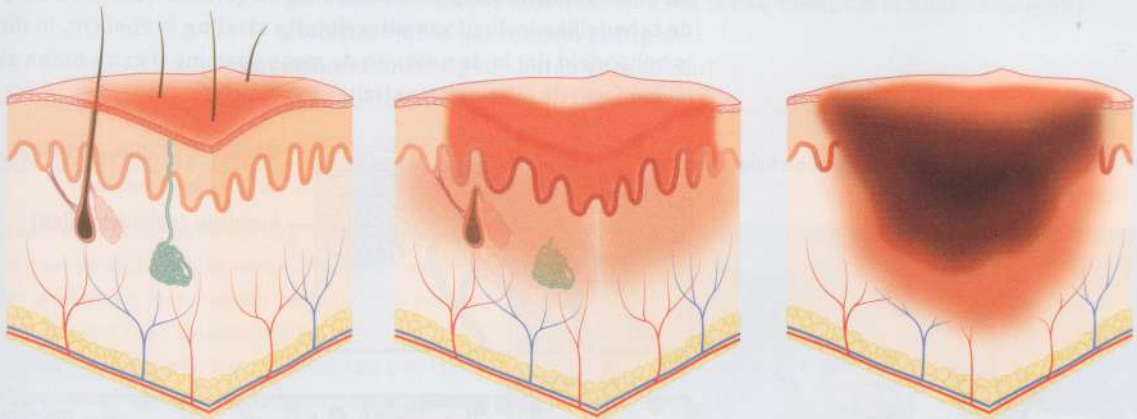
▼ **Afb. 1** Littekens door tweede- en derdegraadsbrandwonden.



Voor Luuk is het leven met littekens erg moeilijk. Zijn uiterlijk is beschadigd en hij wordt regelmatig nagestaard op straat. Dat is een van de redenen waarom hij niet zo snel meer naar het zwembad gaat of op een warme dag

in een korte broek en T-shirt gaat lopen. Doordat littekens niet meerekken, kan hij zich niet meer soepel bewegen en zit hij letterlijk te krap in zijn vel.

► Afb. 2



1 eerstegraadsverbranding

2 tweedegraadsbrandwond

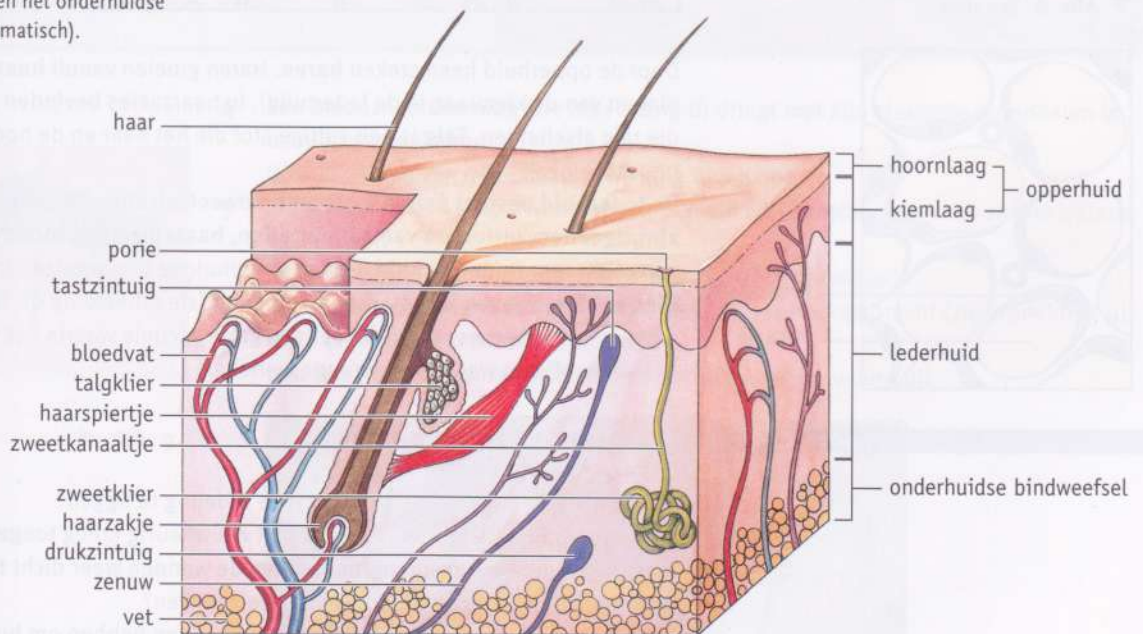
3 derdegraadsbrandwond

De huid bestaat uit twee delen: de opperhuid en de lederhuid (zie afbeelding 3).

De **opperhuid** bestaat uit twee lagen: de hoornlaag en de kiemlaag.

De **hoornlaag** bestaat uit dode, verhoornde epitheelcellen (dekwefselcellen). De hoornlaag beschermt tegen beschadiging, uitdroging en infecties. De hoornlaag slijt aan de buitenkant steeds af. Op een aantal plaatsen van de huid wordt de hoornlaag extra dik (eelt).

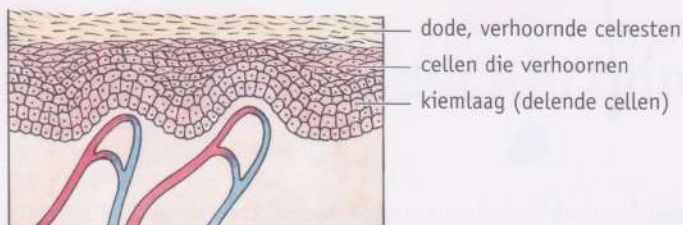
▼ Afb. 3 De huid en het onderhuidse bindweefsel (schematisch).



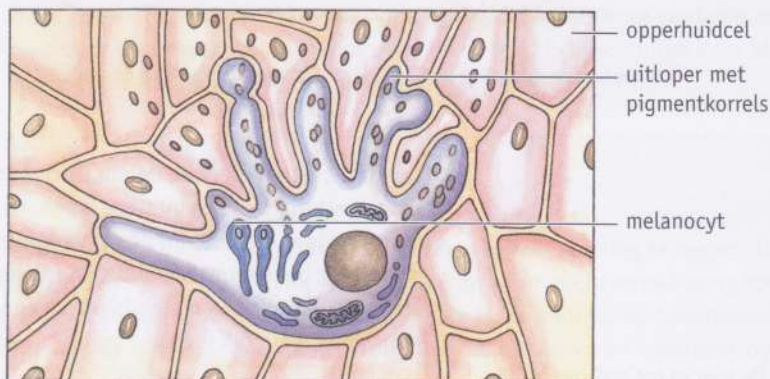
De **kiemlaag** bestaat uit levende epitheelcellen. De onderste laag cellen van de kiemlaag deelt zich voortdurend. De bovenliggende lagen cellen schuiven op naar buiten, verhoornen en sterven af (zie afbeelding 4). In de opperhuid liggen geen bloedvaten. De epitheelcellen krijgen voedingsstoffen en zuurstof via de weefsel-

vloeistof vanuit de lederhuid. In de kiemlaag liggen pigmentvormende cellen: de **melanocyten** (melanos = zwart). Deze vormen het donkere pigment **melanine** en geven dit via hun uitlopers aan de nabij gelegen opperhuidcellen af (zie afbeelding 5). De vorming van melanine wordt gestimuleerd door blootstelling van de huid aan zonlicht. Melanine beschermt de delende cellen in de kiemlaag tegen de schadelijke invloed van **ultraviolette straling** in zonlicht. In thema 4 Voeding is behandeld dat in de huid van de mens vitamine D kan worden gevormd onder invloed van de ultraviolette straling in zonlicht.

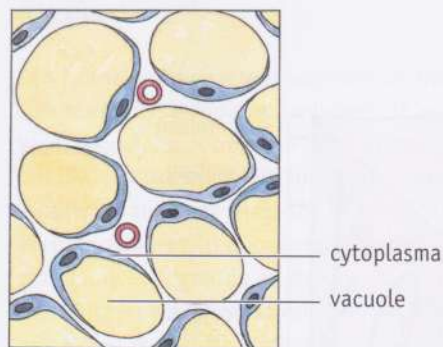
► **Afb. 4** De verhoorning van de opperhuid (schematisch).



► **Afb. 5** Een melanocyt in de opperhuid.



▼ **Afb. 6** Vetcellen.



Door de opperhuid heen steken **haren**. Haren groeien vanuit **haarzakjes** (uitstulpingen van de kiemlaag in de lederhuid). In haarzakjes bevinden zich **talgklieren** die talg afscheiden. **Talg** is een vette stof die het haar en de hoornlaag soepel houdt.

De **lederhuid** bestaat grotendeels uit bindweefselcellen. In de lederhuid liggen **zintuigcellen**, **uitlopers van zenuwcellen**, **haarspiertjes**, **bloedvaten** en **zweetklieren**. Onder de huid ligt het onderhuidse bindweefsel. In het **onderhuidse bindweefsel** ligt vet opgeslagen in **vetcellen** (zie afbeelding 6). Dit zijn relatief grote cellen (ongeveer 0,1 mm) met een grote vacuole waarin het vet is opgeslagen. Het vet heeft een warmte-isolerende werking.

opdracht 1

Beantwoord de volgende vragen.

Gebruik hierbij de context 'Luuk'.

1. Waarom kwam Luuk op een zeer steriele afdeling te liggen?
2. Leg uit dat het belangrijk is dat hij vocht nauwkeurig kreeg toegediend.
3. Artsen gebruikten transplantatiehuid om de wonden weer dicht te maken. Waarom lieten ze de huid niet van nature genezen?
4. Leg uit dat brandwondenpatiënten moeite kunnen hebben om hun lichaam op temperatuur te houden.
5. Leg uit dat patiënten met een eerstegraadsverbranding wel normaal kunnen voelen en patiënten met tweede- en derdegraadsbrandwonden hier meer moeite mee hebben.
6. Waardoor ontstaan brandwonden boven de 40 °C?

opdracht 2

Beantwoord de volgende vragen.

Gebruik bij de vragen 1 tot en met 3 afbeelding 7.

- 1 Kan het TRPV4-eiwit bij mensen in de hoornlaag worden geproduceerd? Leg je antwoord uit.
- 2 Geef een biologische reden waarom het TRPV4-eiwit, dat in huidcellen wordt gevormd tijdens het zonnen, nuttig is.
- 3 Waarom zou in de zon zitten gezond zijn?

▼ Afb. 7

Nooit meer zonnebrand?

Eindelijk is het zover: een mooie zomerse dag. Het mooie weer trekt veel mensen naar de stranden. Er wordt flink gesmeerd met zonnebrandmiddel, maar toch hebben velen na zo'n eerste mooie zomerse dag een rode gloeiende huid.

Wie te lang onbeschermd in de volle zon zit, krijgt last van een rode en pijnlijke huid. Amerikaanse wetenschappers hebben ontdekt dat een bepaald eiwit (TRPV4) een belangrijke rol speelt bij die reactie. De onderzoekers kweekten muizen die dit eiwit niet kunnen maken. Deze muizen bleken lange tijd in de zon te kunnen verblijven zonder last te krijgen van een pijnlijke, rode huid.

De onderzoekers ontdekten ook dat in menselijke huidcellen zonlicht leidt tot een verhoging van het TRPV4-eiwit. Door een smeerseltje te ontwikkelen dat het TRPV4-eiwit onwerkzaam maakt, zouden we de hele dag in de zon kunnen liggen zonder te verbranden. Volgens de wetenschappers zou dat fijn zijn, omdat in de zon zitten gezond is.



▼ Afb. 8



- 4 Een bloedzuigende mug (zie afbeelding 8) dringt met zijn stekende monddelen in de huid van de mens. Uit welke laag van de huid zuigt de mug bloed op?
- 5 Iemand heeft een schaafwond opgelopen die niet bloedt, maar waaruit wel waterig vocht komt. Welke lagen van de huid zijn dan in ieder geval beschadigd?
- 6 In de huid van iemand wordt met inkt een tatoeage aangebracht (zie afbeelding 9). Deze blijft het gehele leven zichtbaar. In welke huidlaag wordt de inkt ingebracht? Leg je antwoord uit.

► Afb. 9



▼ Afb. 10 Een stukje spek.



- 7 Spek komt van een varken. Een stukje spek bestaat vaak uit een zwaardje, een vet gedeelte en een mager gedeelte (zie afbeelding 10). Het magere gedeelte is spierweefsel geweest.

Welk deel van de huid is het zwaardje geweest? En welk deel van het lichaam is het vette gedeelte van het stukje spek geweest?

opdracht 3

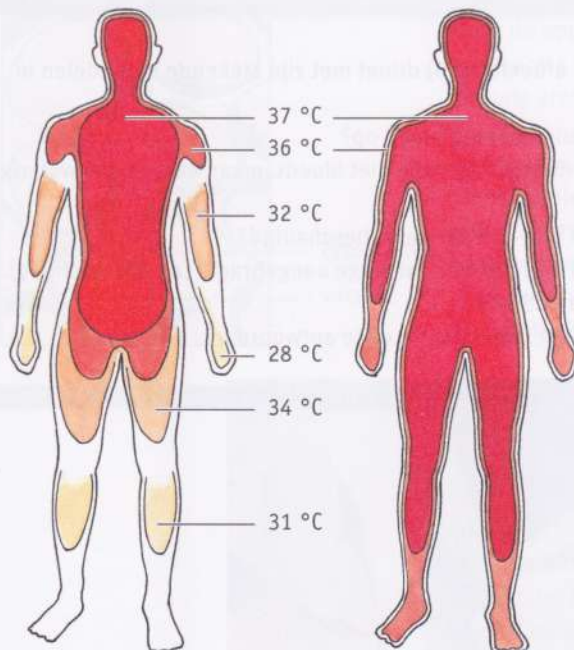
In afbeelding 11 is een onderzoek weergegeven. Beantwoord de volgende vragen over dit onderzoek.

- 1 In afbeelding 11 ontbreekt de hypothese. Formuleer een hypothese die bij dit onderzoek past.
- 2 Leg uit hoe de controlegroep werd behandeld.
- 3 Uit welke huidproducten zullen de bacteriën hun voedsel halen?
- 4 Welke vorm van symbiose bestaat er tussen de mens en de op zijn huid levende bacteriën? Leg je antwoord uit.

▼ Afb. 11

ONDERZOEK	HUIDBACTERIËN BESCHERMEN TEGEN ZIEKTEVERWEKKERS
Inleiding	Op de huid komen veel bacteriën voor die in poriën leven en daar hun voedselbron hebben. Helpen deze huidbacteriën ook mee met het verdedigen van de gastheer tegen ziekteverwekkers?
Hypothese	
Experiment	Menselijke huidbacteriën werden met een wattenstaafje op een groep steriele muizen gestreken en een andere groep steriele muizen werd gebruikt als controlegroep. Daarna kregen beide groepen een injectie in de huid met een agressieve vijandelijke eencellige dierlijke parasiet.
Resultaat	De muizen met menselijke huidbacteriën kregen minder vaak en minder ernstige ontstekingen en huidaandoeningen dan de muizen die niet waren voorzien van menselijke huidbacteriën.
Conclusie	Huidbacteriën helpen mensen bij de verdediging tegen indringers.

▼ Afb. 12 De temperatuur in het lichaam.



1 bij lage omgevings-temperatuur of in rust

2 bij hoge omgevings-temperatuur of na lichamelijke inspanning

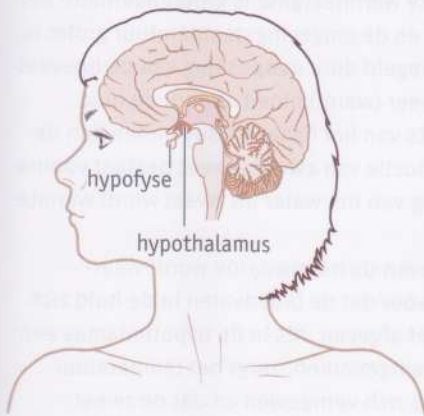
DE LICHAAMSTEMPERAATUUR IN EVENWICHT

De huid speelt een belangrijke rol bij de regeling van de lichaamstemperatuur.

Het binnenste deel van het lichaam heeft een min of meer constante temperatuur van ongeveer 37 °C. De temperatuur van de buitenzijde is meestal wat lager (zie afbeelding 12). Ruim 70% van de totale warmteproductie is afkomstig van het hart, de longen, de nieren, de hersenen, het darmkanaal en de lever, terwijl deze organen minder dan 10% uitmaken van het lichaamsgewicht.

Bij lichamelijke inspanning vindt in actieve skeletspieren een intensieve dissimilatie plaats. Hierdoor stijgt de temperatuur op plaatsen aan de buitenzijde van het lichaam (zie afbeelding 12.2). In thema 5 Transport is behandeld dat het bloed zorgt voor verdeling van warmte over het gehele lichaam.

▼ Afb. 13 De ligging van de hypothalamus.

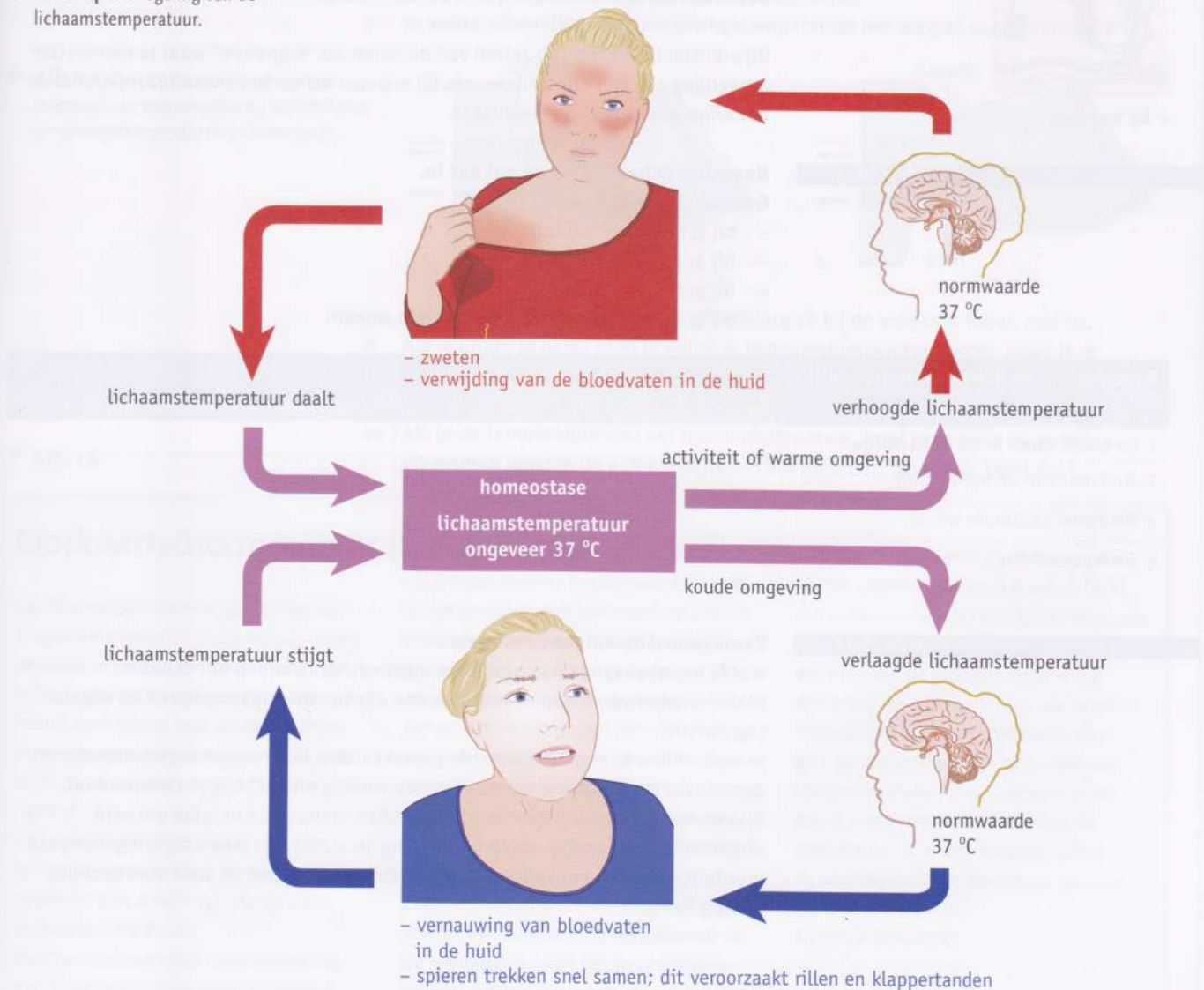


De regeling van de lichaamstemperatuur is een voorbeeld van homeostase. In thema 6 Regeling en waarneming van deel 4 heb je geleerd dat homeostase het zo constant mogelijk houden van het inwendige milieu van een organisme is. De lichaamstemperatuur kan constant worden gehouden als er een evenwicht is tussen de warmteproductie en de warmteafgifte (de **warmtebalans**). De lichaamstemperatuur wordt geregeld door het **temperatuurcentrum** in de **hypothalamus** (zie afbeelding 13).

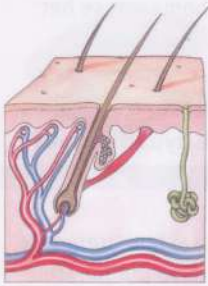
Koude- en warmtezintuigen in de hypothalamus (zie afbeelding 14) registreren de temperatuur van het bloed. Bij de mens is de normwaarde voor deze temperatuur circa 37 °C ('s nachts circa 36,5 °C).

De **warmteproductie** is vooral afhankelijk van de intensiteit van de dissimilatie. Wanneer de temperatuur van het bloed in de hypothalamus onder de normwaarde komt, kan de warmteproductie worden verhoogd door een hogere intensiteit van de dissimilatie. Bij sterke daling onder de normwaarde kunnen ongewilde spierbewegingen optreden (rillen en klappertanden).

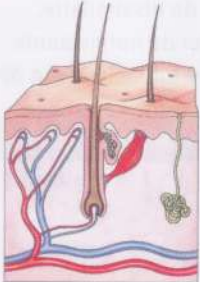
▼ Afb. 14 De regeling van de lichaamstemperatuur.



▼ Afb. 15 De huid (schematisch).



1 onder normale omstandigheden



2 bij 'kippenvvel'

Bij de **warmteafgifte** zijn vooral het bloed en de huid betrokken. Het lichaam geeft via de huid warmte af aan de omgeving. Deze warmteafgifte is groter naarmate het verschil tussen de temperatuur van de huid en de omgevingstemperatuur groter is. De temperatuur van de huid kan worden geregeld door aanpassing van de hoeveelheid bloed die door de huid stroomt. Hoe meer (warm) bloed er door de huid stroomt, des te groter wordt de warmteafgifte van het lichaam. Bovendien kan de warmteafgifte worden vergroot door de productie van **zweet**. Zweet bestaat voornamelijk uit water en zouten. Door **verdamping** van het water uit zweet wordt warmte aan het lichaam onttrokken.

Als in de hypothalamus een temperatuur boven de normwaarde wordt waargenomen, zorgt het temperatuurcentrum ervoor dat de bloedvaten in de huid zich verwijden en dat de zweetklieren meer zweet afgeven. Als in de hypothalamus een temperatuur onder de normwaarde wordt waargenomen, zorgt het temperatuurcentrum ervoor dat de bloedvaten in de huid zich vernauwen en dat de zweetklieren minder zweet afgeven. Bij veel zoogdieren en vogels worden de haren en veren meer rechtop gezet, waardoor een dikkere, stilstaande luchtlaag ontstaat. Deze isolerende luchtlaag beperkt de warmteafgifte.

Bij mensen is het rechtop zetten van de haren als 'kippenvvel' waar te nemen (zie afbeelding 15). Het effect hiervan is bij mensen echter te verwaarlozen, omdat de beharing van het lichaam gering is.

opdracht 4

Neem het schema over en vul het in.

Gebruik daarbij:

- bij 1: *nauwer – wijder;*
- bij 2: *bleker – roder;*
- bij 3: *groter – kleiner;*
- bij 4: *ontspannen zich – trekken zich samen.*

Regeling van de lichaamstemperatuur

	Bij een lage omgevingstemperatuur	Bij een hoge omgevingstemperatuur
1 De bloedvaten in de huid worden		
2 De kleur van de huid wordt		
3 De zweetproductie wordt		
4 De haarspiertjes		

opdracht 5

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Wat is het doel van homeostatische regelmechanismen in het lichaam?
- 2 Dikke vachten van haren of veren komen alleen voor bij zoogdieren en vogels. Leg dat uit.
- 3 In welk milieu kunnen mensen het gemakkelijkst hoge omgevingstemperaturen doorstaan: in een droog milieu of in een vochtig milieu? Leg je antwoord uit.
- 4 Bij een hoge omgevingstemperatuur hebben mensen de neiging om wijd uitgespreid te gaan liggen (zie afbeelding 16.1). Bij een lage omgevingstemperatuur kruipen mensen in elkaar (zie afbeelding 16.2). Leg uit welk voordeel dit gedrag heeft.

- **Afb. 16** Aanpassingen in het gedrag van de mens aan de omgevingstemperatuur.



1 bij een hoge omgevingstemperatuur



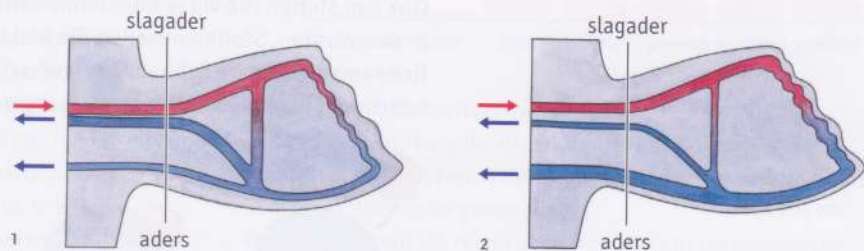
2 bij een lage omgevingstemperatuur

Gebruik de volgende informatie bij de vragen 5 tot en met 7.

In de ledematen van bepaalde zoogdieren kan het bloed in de richting van het hart worden vervoerd door aders die aan de oppervlakte liggen, en door aders die dicht langs de slagaders lopen. In afbeelding 17 is zo'n ledemaat schematisch getekend in een koude en in een warme omgeving.

- 5 Welke verschillen zijn er tussen de bloedvaten in de twee afbeeldingen?
- 6 In welke afbeelding is de warmte-uitwisseling tussen het bloed in de slagader en het bloed in de ernaast gelegen ader het grootst?
- 7 In welke afbeelding is de omgevingstemperatuur het laagst? Leg je antwoord uit.

- **Afb. 17** De bloedvoorziening van een ledemaat van een zoogdier bij verschillende omgevingstemperaturen (schematisch).



Gebruik het krantenartikel van afbeelding 18 bij de vragen 8 tot en met 10.

- 8 Als je onder je oksel of in je mond je lichaamstemperatuur meet, moet je er ongeveer 1 graad Celsius bijtellen. Leg dat uit.
- 9 Bovendien loop je dan 'zo'n drie kwartier achter op de werkelijkheid'. Leg dat uit.
- 10 Als je de temperatuur van het trommelvlies meet, hoef je er niets bij te tellen. Bovendien meet je de actuele lichaamstemperatuur. Waardoor komt dat?

▼ **Afb. 18**

Oorkoortsthermometer

De ThermoScan is een geavanceerde oorkoortsthermometer. In de mond, onder de oksel of rectaal temperaturen is geen lolletje. Bovendien geven de oksel en de mond vaak een te lage waarde aan; er moet daarom met de natte vinger, met zo'n graad ongeveer, worden gecorrigeerd.

Deze digitale thermometer meet de temperatuur in het oor, in nog geen seconde. Een doorbraak, dankzij een andere meettechniek.

De ThermoScan meet warmtestraling. Een (warm) lichaam zendt infrarood-

straling uit. Uit de intensiteit daarvan is de temperatuur te berekenen. Er wordt in het oor gemeten; de meetkop van de scanner, waarop een soort lenskapje zit, wordt in de gehoorgang gezet. De oorschelp moet daarbij iets naar achteren en omhoog worden getrokken. Dan komt de gehoorgang in een rechte lijn te liggen, waardoor de infraroodsensor goed 'zicht' krijgt op het trommelvlies. Na een druk op de knop is het leed geleden. Er gaat even een sluitertje open, zodat de infraroodstraling de eigenlijke sensor kan bereiken. In een seconde is de temperatuur van het trommelvlies gemeten, zonder aanraken.

Uit talloze met name in de Verenigde Staten uitgevoerde onderzoeken blijkt dat het trommelvlies een juiste indicatie geeft van de lichaamstemperatuur, doordat het vlies de bloeddoodstroming deelt met de hypothalamus, de thermostaat van het lichaam. Wordt er klassiek gemeten, dan is er niet alleen de temperatuurafwijking waarvoor moet worden gecorrigeerd, ook loopt de temperatuur zo'n drie kwartier achter op de werkelijkheid. In sommige gevallen kan dat kritisch zijn.

Naar: de Volkskrant.

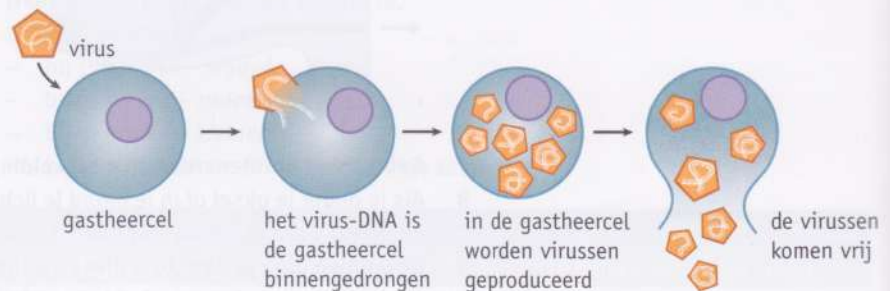
2 Afweer

Je lichaam wordt constant belaagd door organismen die je ziek kunnen maken. Veel van deze **ziekteverwekkers** (pathogenen) zijn erg klein, zoals virussen en bacteriën. Andere zijn groter, zoals schimmels en dieren (bijvoorbeeld insecten). Het binnendringen van ziekteverwekkers in je lichaam wordt een **infectie** genoemd. Bij bacteriën, schimmels en dieren ontstaan de ziekteverschijnselen veelal door giftige stoffen die ze afgeven.

Virussen dringen cellen van je lichaam binnen. Veel virussen bestaan uit een streng DNA met daaromheen een eiwitmantel. Het virus-DNA wordt bij een infectie in gastheercellen overgebracht. Na het binnendringen van het virus-DNA in de gastheercellen vermenigvuldigen de virussen zich in deze cellen (zie afbeelding 19). De cellen gaan daardoor dood. Schimmels infecteren meestal de huid of de luchtwegen, terwijl bacteriën, virussen en eencellige dieren vaak het lichaam binnendringen.

Ook van stoffen die via je huid binnendringen of die je inademt of inslikt, kun je ziek worden. Stoffen of cellen die niet in je lichaam thuishoren, noemen we **lichaamsvreemd**. Je lichaam heeft verschillende mechanismen waarmee het zich beschermt tegen lichaamsvreemde organismen en lichaamsvreemde stoffen.

► **Afb. 19** De vermenigvuldiging van een virus.



▼ **Afb. 20** Ziekteverwekkers.



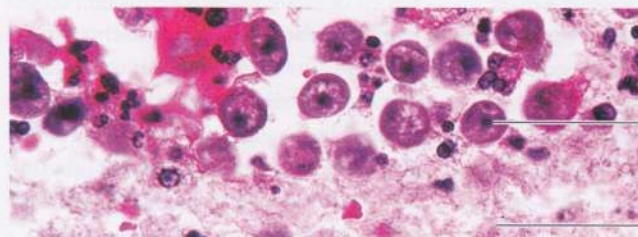
3 Polio wordt door een virus veroorzaakt.



1 Syfilis wordt door een bacterie veroorzaakt.



2 Zwemmerseczeem wordt door een schimmel veroorzaakt.



Naegleria fowleri

hersensweefsel

4 *Naegleria fowleri* is een hersenetende amoëbe. De amoëbe dringt via de neus binnen en klimt via de zenuwcellen naar het brein, waar het de breincellen 'opsluit' met een zuignapje. Een infectie met *Naegleria fowleri* komt zelden voor.

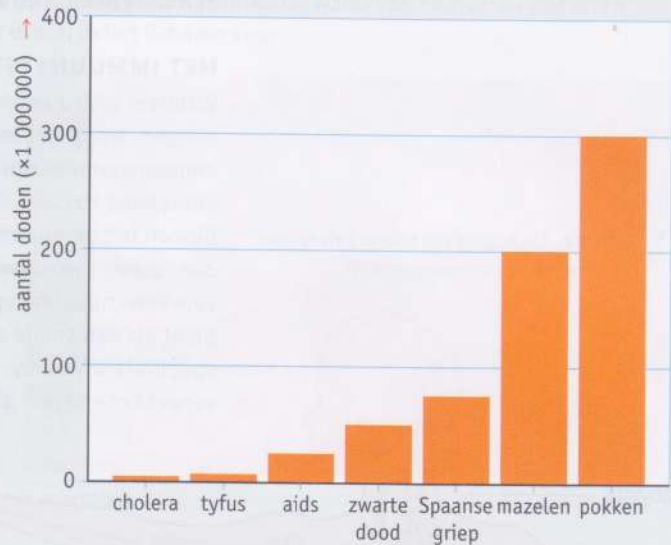
▼ Afb. 21 Totaal aantal slachtoffers van infectieziekten.

ZIEKTEVERWEKKERS BEPALEN DE WERELD-GESCHIEDENIS

Ze zijn zo klein dat je ze met het blote oog niet kunt zien, maar toch hebben ze een grote invloed gehad op de geschiedenis van de mens. Bacteriën, schimmels en virussen hebben emigratiegolven gestimuleerd en oorlogen beslist.

Het is moeilijk voor te stellen wat ziekteverwekkers vroeger konden veroorzaken. Raakt men nu al in paniek als er ergens in de wereld enkele mensen zijn overleden aan een nieuw virus, vroeger doodden ziekteverwekkers miljoenen mensen. Door de Zwarte Dood (de builenpest) bijvoorbeeld, stierf in de periode 1346 tot 1352 30% van de Europese bevolking.

Van 1845 tot 1849 vernietigde de schimmel *Phytophthora infestans* de aardappelooft in Ierland, waardoor één miljoen Ieren stierven en nog eens één miljoen Ieren emigreerden – vooral naar de Verenigde Staten. De schimmel verspreidt zich snel in koude natte zomers. De verovering van Noord- en Zuid-Amerika is zeer waarschijnlijk toe te schrijven aan ziekteverwekkers. Zo heeft waarschijnlijk een geïnfecteerde slaaf pokken onder de oorspronkelijke bevolking van Mexico (de Azteken) verspreid, waardoor deze in slechts honderd jaar daalde



van twintig miljoen naar twee miljoen mensen.

In Noord-Amerika gebruikten de Britten de pokken als biologisch wapen tegen de Indianen, door ze met pokken besmette dekens te geven.

Pas in 1940 had de mens voor het eerst in de geschiedenis een sterk wapen tegen bacteriële ziekten. Penicilline wordt vanaf toen als antibioticum gebruikt tegen bacteriële infecties.

opdracht 6

Beantwoord de volgende vragen.

Gebruik hierbij de context 'Ziekteverwekkers bepalen de wereldgeschiedenis'.

- 1 Iedereen die nu leeft, stamt af van mensen die verschillende pest-, cholera-, pokken-, mazelen-, griep-, tbc- en polio-epidemieën hebben overleefd. Hoe hebben ziekteverwekkers onze gezondheid beïnvloed?
- 2 Duizenden jaren geleden veranderde de mens van jager en verzamelaar in landbouwer en veeteler, waardoor grote steden ontstonden zonder riolen en wc's. Er was toen geen kennis van het belang van hygiëne. Leg uit dat verstedelijking de kans op epidemieën vergroot.
- 3 Verklaar waardoor een groot deel van de aardappelooft in Ierland door één schimmelsoort kon worden vernietigd.
- 4 In korte tijd overleden veel Azteken aan ziekten die Europeanen meebrachten. Hoe kwam het dat de Spanjaarden minder last hadden van de ziekteverwekkers?

DE EERSTE VERDEDIGINGSLINIE

De huid en de slijmvliezen vormen de eerste linie in de afweer. Door hun bouw bemoeilijken ze het binnendringen van ziekteverwekkers en schadelijke stoffen. Oogvocht en speeksel spoelen indringers weg terwijl slijm in de neus (snot), de luchtwegen, het verteringsstelsel, het uitscheidingsstelsel en het voortplantings-

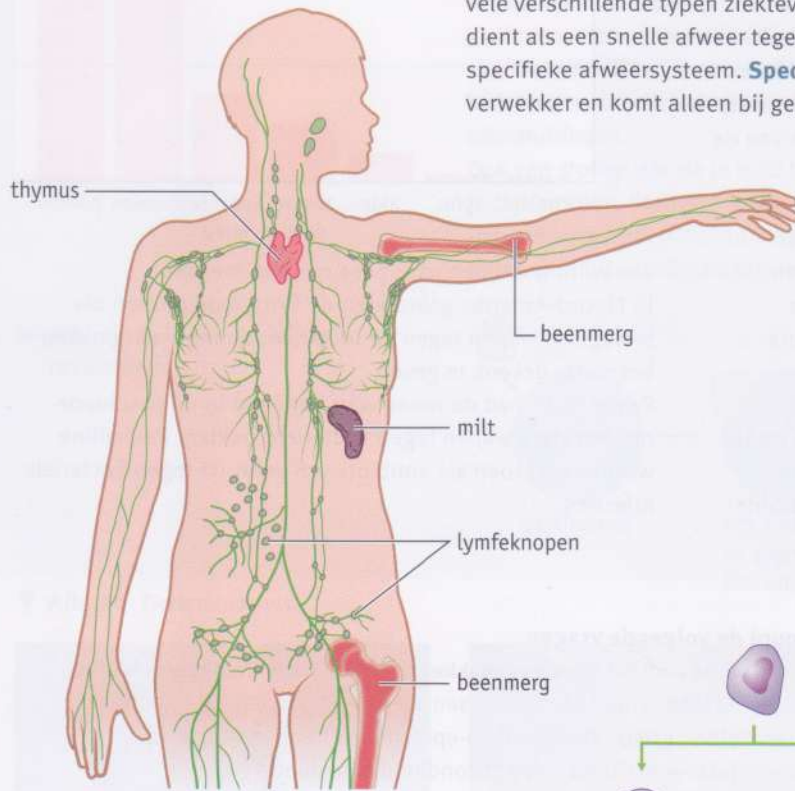
stelsel ziekteverwekkers opvangt. Dit wordt de **mechanische afweer** genoemd. In thema 4 Voeding is behandeld dat maagsap onder andere zoutzuur (HCl) bevat, waardoor bacteriën worden gedood. Zweet en olie van de huid zorgen voor een pH van 3–5, waardoor veel bacteriën niet op de huid kunnen groeien. Dit zijn voorbeelden van **chemische afweer**.

HET IMMUUNSISTEEM

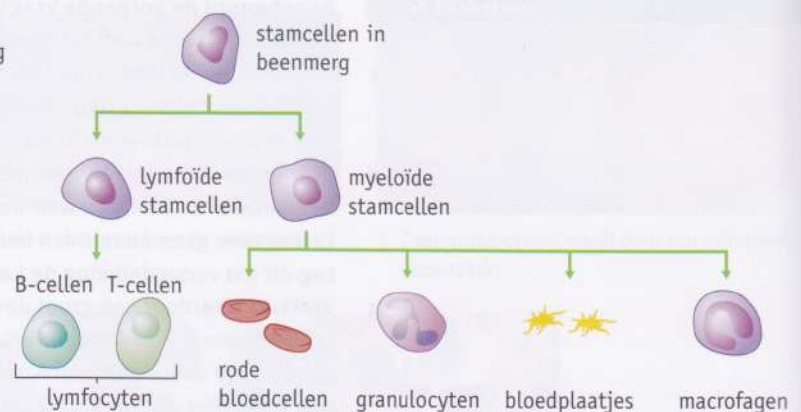
Wanneer toch ziekteverwekkers of schadelijke stoffen in het interne milieu binnendringen, wordt het immuunsysteem geactiveerd. Belangrijke organen van het immuunsysteem zijn het beenmerg, de thymus, de milt en de lymfeknopen (zie afbeelding 22).

Binnen het immuunsysteem worden twee typen afweermechanismen onderscheiden: aspecifieke afweer en specifieke afweer. **Aspecifieke afweer** is gericht tegen vele verschillende typen ziekteverwekkers, komt voor bij alle dieren en planten en dient als een snelle afweer tegen infectie. Deze dient daarnaast als basis voor het specifieke afweersysteem. **Specifieke afweer** is gericht tegen één type ziekteverwekker en komt alleen bij gewervelde dieren voor.

▼ **Afb. 22** De ligging van enkele belangrijke organen van het immuunsysteem.



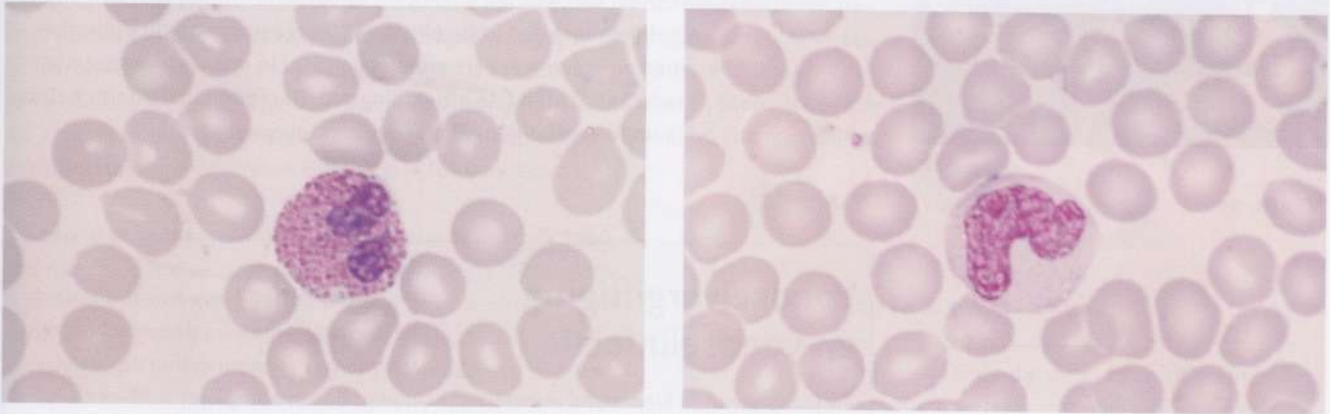
► **Afb. 23** Het ontstaan van witte bloedcellen (schematisch).



Bij afweer spelen verschillende typen witte bloedcellen een rol. In thema 5 Transport is behandeld dat witte bloedcellen (net als rode bloedcellen en bloedplaatjes) ontstaan uit stamcellen in het **rode beenmerg** (zie afbeelding 23). Uit bepaalde stamcellen ontwikkelen zich **fagocyten**; uit andere stamcellen ontwikkelen zich **lymfocyten**. Na hun ontstaan komen deze witte bloedcellen in het bloed terecht.

ASPECIFIEKE AFWEER

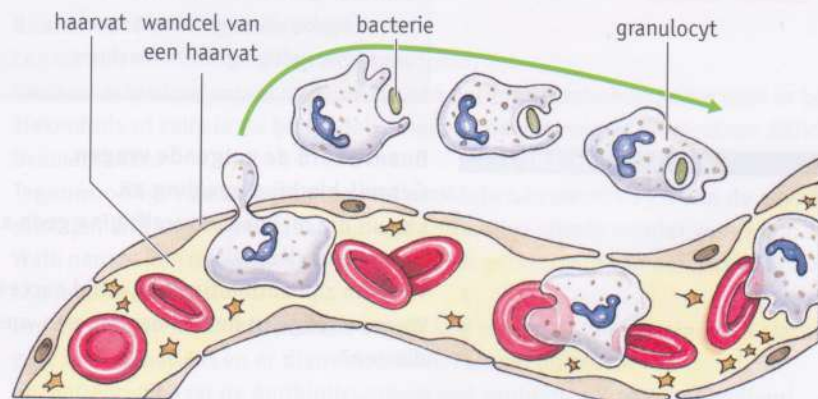
Fagocyten spelen een centrale rol in het aspecifieke afweersysteem. Ziekteverwekkers en lichaamsvreemde stoffen die het lichaam binnendringen, worden door fagocyten waargenomen en onschadelijk gemaakt door deze in zich op te nemen (fagocyteren). Fagocyten kunnen de wand van haarvaten passeren en komen daardoor overal in het lichaam voor.

▼ **Afb. 24** Fagocyten.

1 granulocyt

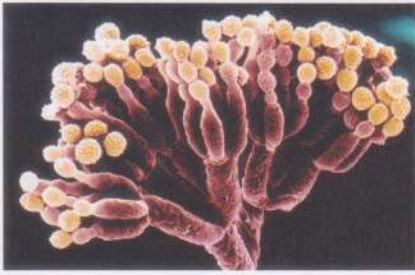
2 macrofaag

Er zijn twee typen fagocyten: granulocyten en macrofagen (zie afbeelding 24). In afbeelding 25 is weergegeven hoe een **granulocyt** een bacterie fagocyteert. Door enzymen van de granulocyt wordt de bacterie gedood en verteerd. De granulocyten gaan hierbij meestal ook dood. Dat gebeurt bijvoorbeeld als een wond is ontstoken. De etter of pus uit een wond bestaat onder andere uit dode granulocyten, gedode bacteriën en dode weefselresten. **Macrofagen** (letterlijk: grote eter, veelvraat) verplaatsen zich door het hele lichaam. Ze fagocyteren ziekteverwekkers en zorgen er ook voor dat dode celresten worden opgeruimd. Macrofagen spelen naast de aspecifieke afweer ook een rol bij de specifieke afweer.

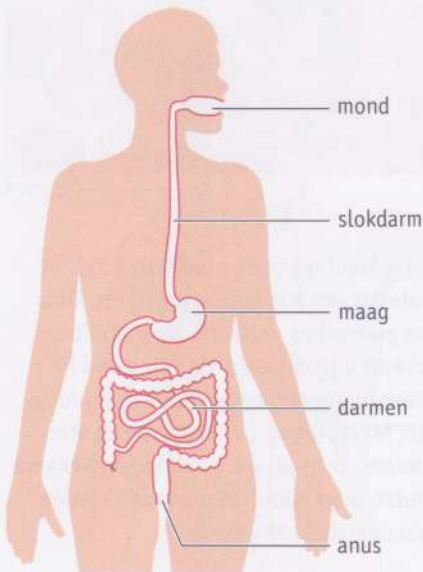
► **Afb. 25** Granulocyt die een bacterie fagocyteert.

Infectie gaat vaak gepaard met **koorts**. Dit wordt door macrofagen veroorzaakt die in reactie op een ziekteverwekker een stof afscheiden die de normwaarde voor de lichaamstemperatuur verhoogt. Door de hoge lichaamstemperatuur bij koorts wordt de ontwikkeling van ziekteverwekkers tegengegaan en worden de afweerreacties in het lichaam versneld. De afweer van het lichaam kan ook tijdelijk worden versterkt door het gebruik van medicijnen. **Antibiotica** zijn alleen werkzaam tegen bacteriële infecties, niet tegen infecties door virussen. Er zijn

▼ **Afb. 26** Penseelschimmel
(vergroting 1000x).



▼ **Afb. 27**



verschillende typen antibiotica, waarvan penicilline het bekendst is. In thema 5 Evolutie van deel 4 is behandeld dat penicilline wordt gemaakt van de penseel-schimmel (zie afbeelding 26).

Net als op onze huid, bevinden zich in het darmkanaal ook veel goede bacteriën. In thema 4 heb je kunnen lezen dat deze bacteriën helpen bij de vertering. De inhoud van het maag-darmkanaal kan worden gezien als het externe milieu (zie afbeelding 27). Je kunt het vergelijken met een holle pijp die is aangesloten op de buitenwereld. Daardoor kunnen ziekteverwekkers met het voedsel in ons verteringsstelsel komen en daar schade aanrichten (zie afbeelding 28). Bacteriën in de darm helpen echter ook ons lichaam te verdedigen tegen deze ziekteverwekkers.

▼ **Afb. 28**

Voedselvergiftiging en voedselinfectie

Elk jaar sterven in Nederland minstens tachtig mensen aan een voedselvergiftiging. Bij een voedselvergiftiging maakt een giftige stof in het eten je ziek. Deze giftige stoffen worden geproduceerd door bacteriën of schimmels. Dit kan gebeuren wanneer je eten verkeerd bewaart, bijvoorbeeld voor langere tijd bij kamertemperatuur. Het verhitten van eten zorgt er wel voor dat de bacterie doodgaat, maar in veel gevallen maakt het de gifstof niet onschadelijk. Buikkrampen, misselijkheid, diarree of braken kunnen wijzen op een voedselvergiftiging. Deze klachten

ontstaan meestal binnen acht uur na de besmetting. Ondanks de soms heftige symptomen is behandeling vaak niet nodig. Behandeling met antibiotica is niet mogelijk en kan zelfs complicaties geven.

Voedselinfecties worden veroorzaakt door eten met een ziekmakende hoeveelheid bacteriën, parasieten of virussen. Bij een voedselinfectie komt de bacterie of het virus in de darm terecht. Dit prikkelt de darmwand of tast deze aan. Enkele uren tot twee dagen na besmetting ontstaan heftige buikkrampen en diarree. Soms gaat dit samen met overgeven.

Naar: www.voedingscentrum.nl.

opdracht 7

Beantwoord de volgende vragen.

Gebruik hierbij afbeelding 28.

- 1 Leg uit dat bij voedselvergiftiging geen antibioticum kan worden gebruikt en bij voedselinfectie wel.
- 2 Waarom zijn antibiotica niet altijd succesvol bij voedselinfecties?
- 3 Waarom reageert het lichaam na een voedselvergiftiging of voedselinfectie met diarree?

'POEP IS HET MEEST VEELZIJDIGE MEDICIJN'

De samenstelling van de darmflora heeft een grote invloed op onze gezondheid. Sinds die ontdekking staat ook poeptransplantatie weer in de medische belangstelling. Poeptransplantaties zijn behandelingen waarbij de oorspronkelijke darmflora wordt vervangen door die van een gezonde donor. Poeptransplantaties zijn vooral succesvol als behandeling tegen darminfecties en chronische darmontstekingen zoals de ziekte van Crohn en colitis.

De eerste poeptransplantatie vond al plaats in 1958, toen een darminfectie veroorzaakt door de bacterie *Clostridium difficile* succesvol werd behandeld. Deze bacterie kan een hardnekkige infectie veroorzaken die gepaard gaat met ernstige diarree. De infectie treft vooral ouderen, die vaak na een antibioticumbehandeling juist in het ziekenhuis of zelfs in de behandelkamer van de dokter met *Clostridium difficile* besmet raken. Alleen al in de Verenigde Staten zijn er jaarlijks zo'n veertienduizend sterfgevallen als gevolg van de ziekte die de bacterie veroorzaakt. Behandeling met antibiotica is tegenwoordig slechts in 25% van de gevallen effectief.

Poeptransplantaties blijken een stuk effectiever: in 90% van de gevallen verdrijft een gezonde darmflora de *Clostridium difficile*-infectie. Vorig jaar werd een klinische studie voortijdig gestopt omdat de behandeling zo succesvol was, dat

▼ Afb. 29



men het onethisch vond om de controlegroep niet te behandelen.

Er zijn ontwikkelingen gaande die de standaardisering van poeptransplantatie moeten vergemakkelijken. Aan de universiteit van Guelph in Canada is men er in geslaagd de belangrijkste bacteriën uit poep van een gezonde donor te isoleren en te vermeerderen. Met deze mix van een beperkt aantal bacteriën was men vervolgens in staat om geïnfecteerde personen van *Clostridium difficile* te genezen.

Dit lijkt een eerste goede poging tot standaardisatie van de procedure. Het biedt ook de mogelijkheid om de bacteriën te verwerken in een soort probiotica-drankje: een drankje waaraan goede bacteriën zijn toegevoegd.

Naar: de Volkskrant, 28-06-2013.

opdracht 8

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Leg uit wat met de darmflora wordt bedoeld.
- 2 Verklaar waardoor vooral ouderen na een antibioticumbehandeling juist in het ziekenhuis of zelfs in de behandelkamer van de dokter met *Clostridium difficile* besmet raken.
- 3 Tegenwoordig is de behandeling met antibiotica in slechts 25% van de gevallen effectief. Wat kan een oorzaak zijn dat antibiotica steeds minder werkzaam zijn?
- 4 Welk nadeel kan poeptransplantatie voor de gezondheid van een patiënt hebben? Leg je antwoord uit.
- 5 Leg uit dat een antibioticumkuur ervoor kan zorgen dat het uiteindelijk slechter gaat met de patiënt en er diarreeklachten kunnen ontstaan.
- 6 Als patiënten naast de antibioticumkuur ook probiotica kregen toegediend, werden deze diarreeklachten verlicht of tegengegaan. Een probioticum is een voedingsmiddel waaraan 'goede' micro-organismen zijn toegediend die de gezondheid bevorderen.
Wat zou het voordeel van probiotica boven poeptransfusie kunnen zijn?

opdracht 9

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Wat zijn lichaamsvreemde stoffen?
- 2 Behoren mechanische en chemische afweer tot de specifieke afweer of tot de aspecifieke afweer? Leg je antwoord uit.

- 3 Wat zijn antibiotica?
- 4 Griep wordt veroorzaakt door een virus. Leg uit dat bij griep geen antibiotica worden voorgeschreven, maar dat patiënten vooral door bedrust moeten genezen.
- 5 Op welke manier zorgen fagocyten voor aspecifieke afweer?
- 6 In het slijmvliesweefsel van de luchtwegen komen relatief veel macrofagen voor. Leg uit waarom dit functioneel is.

In afbeelding 30 is een deel van een bijsluiters van paracetamol weergegeven. Iemand heeft een verkoudheid opgelopen en voelt zich rillerig. Hij besluit een paracetamol te nemen.

- 7 Geef een argument ter ondersteuning van deze handelwijze.
- 8 Geef ook een argument waarom hij beter nog geen paracetamol had kunnen nemen.

► Afb. 30 Bijsluiters van paracetamol.

BIJSLUITER: INFORMATIE VOOR DE GEBRUIK(ST)ER

PARACETAMOL APOTEX 500 mg

Lees deze informatie goed door, ook als u dit middel al eerder heeft gebruikt.

Zo blijft u steeds op de hoogte van de eigenschappen en de juiste wijze van gebruik. Soms is er namelijk een reden om de informatie in deze bijsluiters te wijzigen. Als u na het lezen van deze bijsluiters nog vragen heeft, kunt u zich wenden tot uw arts of apotheker.

Uiterlijk

Overtuig u ervan dat u het juiste geneesmiddel gebruikt: De tabletten zijn (bijna) wit, rond, plat en hebben een breukstreep en de inscriptie "Paracetamol".

Verpakkingsvorm

De tabletten zijn verkrijgbaar in doordrukstripverpakkingen van 4, 20, 30 of 50 stuks en in flaconverpakking.

Samenstelling

De werkzame stof is paracetamol. Iedere tablet bevat 500 mg paracetamol. Als hulpstoffen voor de 500 mg tabletten zijn gebruikt: maïzetmeel, gelatine, croscarmellose natrium en magnesiumstearaat.

Hoe werkt Paracetamol Apotex 500 mg

Paracetamol behoort tot de groep van de zogenaamde pijnstillende en koortsverlagende middelen.

Waarschuwingen en voorzorgen

Wanneer uw klachten langer dan 14 dagen aanhouden of terugkeren moet u uw arts raadplegen. Langdurig of veelvuldig gebruik wordt ontraden.

U moet voorzichtig zijn met het gebruik van paracetamol wanneer u lever- of nierfunctiestoornissen heeft. Wanneer u langdurig en veelvuldig alcohol gebruikt, mag u niet meer dan 2 gram paracetamol per dag gebruiken.

Aanwijzingen voor het gebruik

De tabletten moeten met een ruime hoeveelheid water (half glas) ingenomen worden.

Het toedieningsinterval moet minstens 4 uur bedragen.

De lagere toedieningsfrequentie is bedoeld voor kinderen in de ondergrens van de betreffende leeftijdscategorie.

Afhankelijk van het weer opkomen van de symptomen (koorts en pijn) is herhaalde toediening toegestaan.

Gedurende een aantal dagen worden in een voedingsvloeistof bacteriën gekweekt. Het aantal bacteriën in de voedingsvloeistof wordt geteld. Het verloop van dit aantal is in afbeelding 31.1 weergegeven door grafiek 1. Grafiek 2 geeft aan hoe dit verloop is als op tijdstip t een bacteriedodend antibioticum aan de vloeistof wordt toegevoegd. Er zijn antibiotica die bacteriën niet doden, maar die de deling van de bacteriën remmen.

► Afb. 31

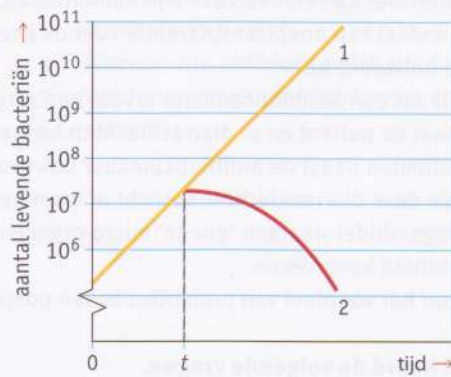


diagram 1

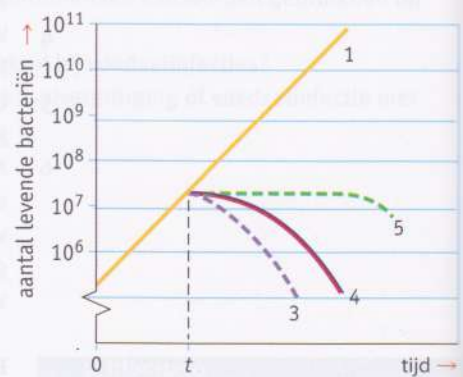
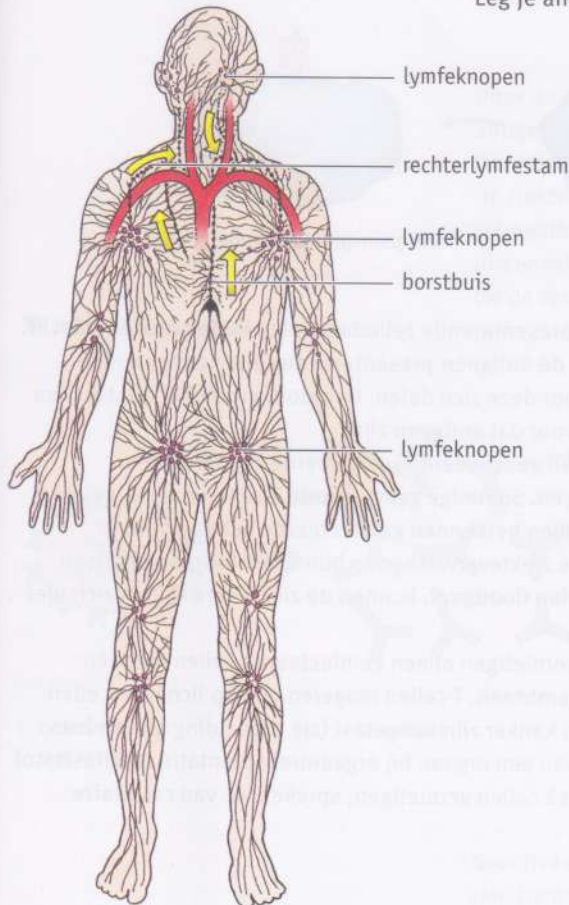


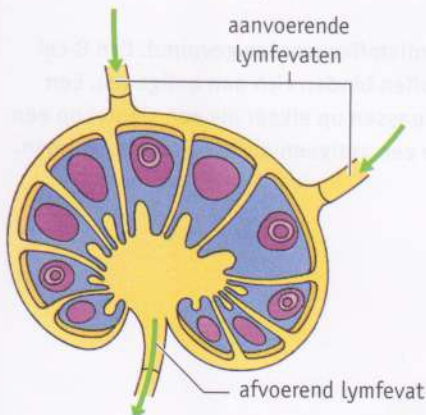
diagram 2

- 9 Welke grafiek (3, 4 of 5) van afbeelding 31.2 geeft het verloop aan van het aantal levende bacteriën wanneer op tijdstip t een antibioticum wordt toegediend dat de deling van de bacteriën volledig stillegt? Leg je antwoord uit.
- 10 Sanne heeft blaasontsteking en gaat daarvoor naar de huisarts. Deze schrijft een antibioticumkuur voor die vijf dagen duurt. Na drie dagen voelt Sanne zich weer helemaal beter en stopt met de kuur. Is dit een verstandig besluit? Leg je antwoord uit.

▼ Afb. 32 Het lymfevatensysteem van de mens (schematisch).



▼ Afb. 33 Lymfeknoop (doorsnede, schematisch).



SPECIFIEKE AFWEER

Als enige in het dierenrijk hebben gewervelde dieren naast de aspecifieke afweer ook een specifieke afweer.

Bij de specifieke afweer zijn T- en B-lymfocyten betrokken die uit stamcellen in het rode beenmerg ontstaan (zie afbeelding 23). De lymfocyten die zich van het beenmerg naar de thymus verplaatsen om zich daar verder te ontwikkelen, worden T-lymfocyten genoemd. De thymus ligt voor in de borstholte, net boven het hart (zie afbeelding 22). De lymfocyten die achterblijven om in het beenmerg te rijpen, worden B-lymfocyten genoemd.

Na de vorming verspreiden T- en B-lymfocyten zich over het lichaam. Een groot deel van de T- en B-lymfocyten komt via het lymfevatensysteem (zie afbeelding 32) terecht in de lymfeknopen en de milt. In afbeelding 33 is een lymfeknoop schematisch getekend. Lymfeknopen, de milt, het beenmerg en de thymus worden lymfoïde organen genoemd.

Lymfocyten en macrofagen herkennen indringers aan antigenen. Een **antigeen** is een molecuul dat in staat is een reactie van het afweersysteem op te wekken, waarbij antistoffen worden aangemaakt. Iedere antistof is specifiek voor één antigeen. Deze afweer wordt daarom de **specifieke afweer** genoemd. Antigenen zijn vaak eiwitten die zich op celmembranen bevinden.

Het herkennen van lichaamsvreemde antigenen gebeurt door **receptoreiwitten** op celmembranen van macrofagen en lymfocyten. Deze receptoreiwitten zijn specifiek: elk type receptoreiwit kan slechts één type antigeen binden (sleutel-slotprincipe). Iedere macrofaag of lymfocyt heeft slechts één type receptoreiwit, maar van dit ene receptoreiwit komen er wel honderdduizend voor op het celmembraan van de macrofaag of T- of B-lymfocyt.

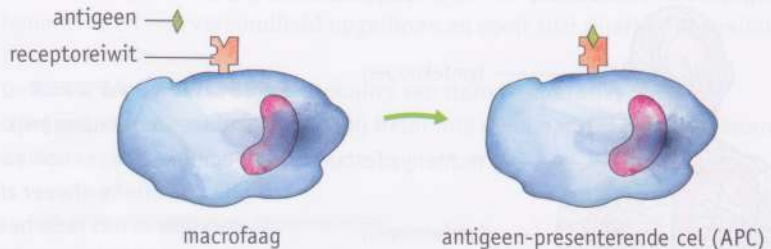
Om al die verschillende antigenen van ziekteverwekkers die het lichaam mogelijk kunnen binnendringen te kunnen binden, maakt het lichaam miljoenen verschillende macrofagen en lymfocyten met elk hun eigen type receptor.

ACTIVATIE VAN LYMFOCYTEN

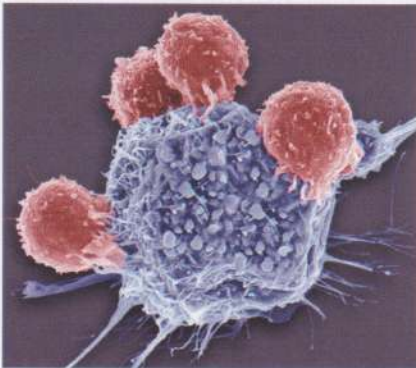
Lichaamsvreemde antigenen die het interne milieu zijn binnengedrongen, worden onder andere door macrofagen gebonden aan receptoreiwitten op hun celmembranen (zie afbeelding 34). Een macrofaag met lichaamsvreemd antigeen op het celmembranen wordt een **antigeen-presenterende cel (APC)** genoemd.

Ook andere cellen dan macrofagen kunnen zich ontwikkelen tot antigeen-presenterende cellen.

- **Afb. 34** Een macrofaag wordt een antigeen-presenterende cel (schematisch).



- ▼ **Afb. 35** Vier geactiveerde T-cellen (rood) hechten zich aan een kanker cel (blauw).

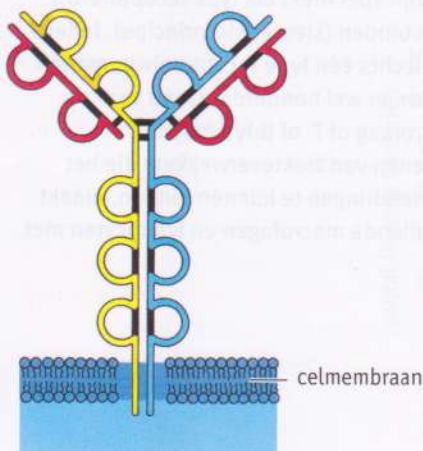


Via de lymfe komen antigeen-presenterende cellen in de lymfoïde organen terecht. Hier worden de antigenen van de antigeen-presenterende cellen aangeboden aan T- en B-lymfocyten waardoor deze zich delen. Daardoor groeit het aantal T- en B-lymfocyten die er specifiek voor dat antigeen zijn.

Na deling worden de lymfocyten geactiveerd. Geactiveerde T- en B-cellen ondergaan meerdere celdelingen. Sommige geactiveerde T-cellen ruimen geïnfecteerde lichaamscellen op. T-cellen herkennen geïnfecteerde lichaamscellen doordat deze antigenen van de ziekteverwekker op hun celmembranen plaatsen. Doordat de geïnfecteerde cel dan doodgaat, kunnen de ziekteverwekkers zich niet voortplanten.

T-cellen werken specifiek: ze vernietigen alleen geïnfecteerde cellen met één bepaald antigeen op het celmembranen. T-cellen reageren ook op lichaamscellen die door bepaalde vormen van kanker zijn aangetast (zie afbeelding 35). Helaas reageren ze ook op de cellen van een orgaan bij orgaantransplantatie (zie basisstof 4). Doordat de T-cellen specifiek cellen vernietigen, spreken we van **cellulaire afweer**.

- ▼ **Afb. 36** Immunoglobulinemolecuul.

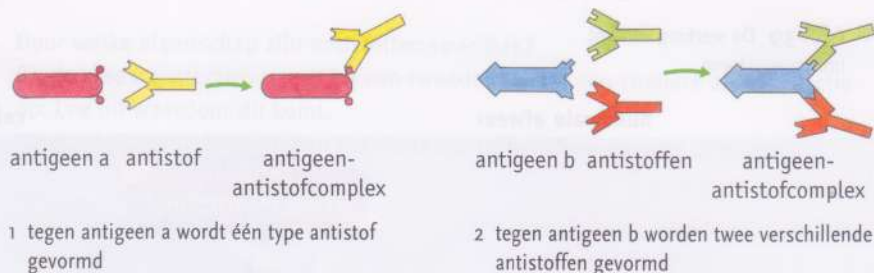


HUMORALE AFWEER

Geactiveerde B-cellen vormen **antistoffen** tegen antigenen. Antistoffen zijn eiwitten. Ze worden ook wel immunoglobulinen (Ig) genoemd. Grofweg hebben immunoglobulinen een Y-vorm (zie afbeelding 36). Daardoor worden antistoffen vaak weergegeven met een 'Y'.

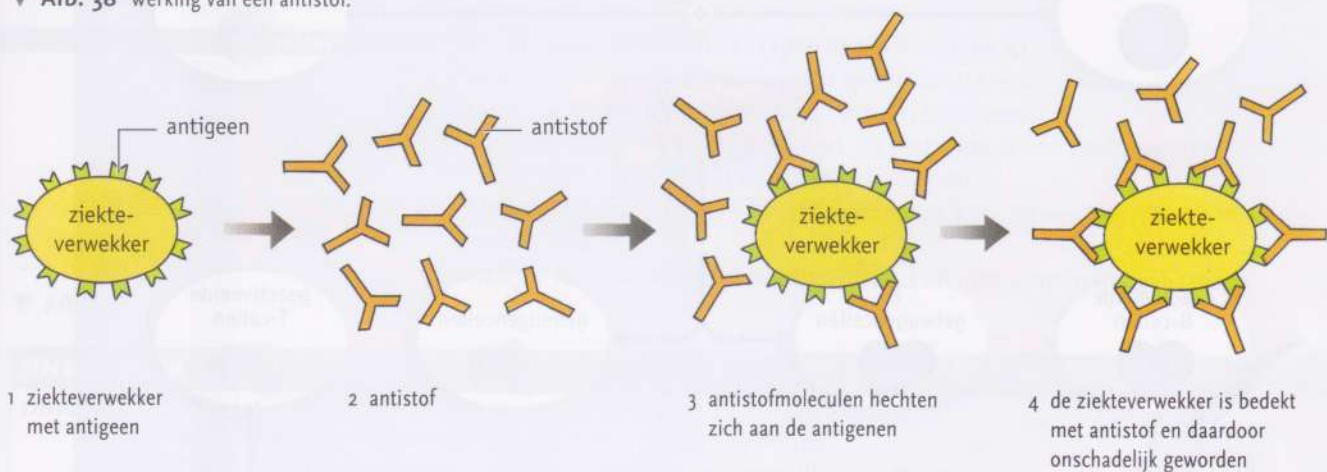
Tegen een antigeen kunnen verschillende antistoffen worden gevormd. Een B-cel vormt echter maar één type antistof. Antistoffen binden zich aan antigenen. Een antigeenmolecuul en een antistofmolecuul passen op elkaar als een sleutel op een slot (zie afbeelding 37). Hierdoor kunnen ze een antigeen-antistofcomplex vormen.

► **Afb. 37** Vorming van een antigeen-antistofcomplex (schematisch).



Door de complexvorming wordt het antigeen of de ziekteverwekker waarop het antigeen zich bevindt, onschadelijk gemaakt. Dit kan op verschillende manieren. Door de complexvorming kan een antigeen als het ware worden afgedekt, waardoor de ziekteverwekker geen cel meer kan infecteren (zie afbeelding 38). Ook kan het celmembraan van een lichaamsvreemde cel worden aangetast waardoor de cel uiteenvalt. Vaak bevordert complexvorming de fagocytose van een ziekteverwekker (of de restanten ervan) door macrofagen.

▼ **Afb. 38** Werking van een antistof.



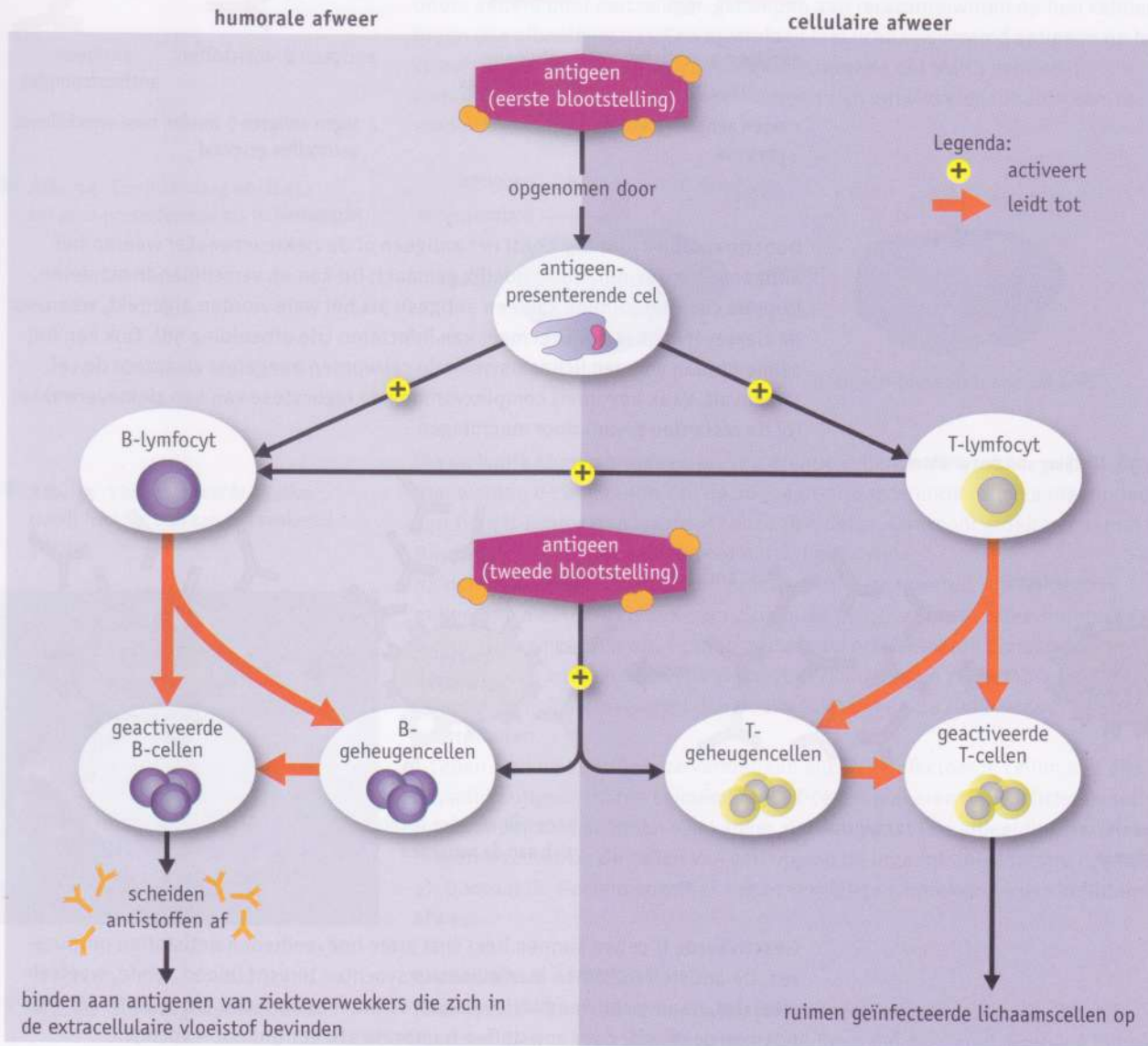
Geactiveerde B-cellen kunnen heel snel grote hoeveelheden antistoffen produceren. De antistoffen komen in alle lichaamsvochten terecht (bloed, lymfe, weefselvloeistof, traanvocht, speeksel, vaginaal vocht, moedermelk, enzovoort). We noemen de afweer door antistoffen **humorale afweer** (humor = vocht).

Een deel van de geactiveerde T- en B-lymfocyten wordt geheugencel.

T-geheugencellen (Tg-cellen) zijn langlevende cellen en blijven inactief bij een infectie. Bij een volgende infectie herkennen ze het antigeen waardoor ze zich snel kunnen ontwikkelen tot T-cellen en er een snellere afweerreactie volgt.

B-geheugencellen herkennen (net als T-geheugencellen) bij een nieuwe infectie een antigeen. Daardoor zorgen geheugencellen voor een snellere reactie, zodat je bij een nieuwe infectie meestal niet ziek meer wordt. Je bent dan immuun geworden voor de ziekteverwekker. In basisstof 3 wordt hier verder op ingegaan. In afbeelding 39 is de werking van het immuunsysteem samengevat.

▼ Afb. 39 De werking van het immuunsysteem.



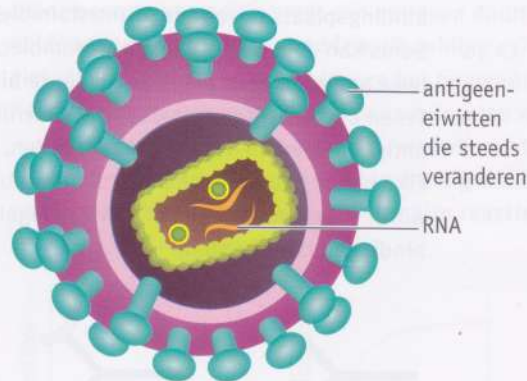
opdracht 10

Beantwoord de volgende vragen.

- Op welke manier zijn lichaamscellen in staat lichaamsvreemde antigenen te herkennen?
- Het lichaam produceert miljoenen verschillende macrofagen en lymfocyten. Een groot deel hiervan wordt niet gebruikt. Waarvoor maakt het lichaam toch zo'n groot aantal verschillende macrofagen en lymfocyten?
- Zowel B-lymfocyten als T-lymfocyten ontstaan uit bepaalde stamcellen uit het rode beenmerg. Wat is het verschil in de verdere ontwikkeling?
- Wat is een antigeen-presenterende cel?
- Ribosomen zorgen voor de synthese van eiwitten. Geactiveerde B-cellen bevatten veel ribosomen. Leg uit waarmee dat samenhangt.

- 6 Door welke eigenschap zijn antistoffen specifiek?
- 7 Bij de meeste infecties treedt bij een tweede infectie een snellere afweerreactie op. Leg uit waardoor dit komt.
- 8 Waarom zijn antistoffen tegen het aidsvirus (afbeelding 40) niet effectief?

► Afb. 40 Aidsvirus.




opdracht 11

Beantwoord de volgende vragen over afbeelding 41.

- 1 Formuleer een onderzoeksvraag op grond van het onderzoek.
- 2 Formuleer een hypothese op grond van het onderzoek.
- 3 Het experiment is niet goed opgezet. Zo ontbreekt er een controlegroep. Beschrijf hoe jij een goed onderzoek zou opzetten.
- 4 Waardoor zou scheren van het schaamhaar de kans op een infectie met het virus groter maken?
- 5 Waarom is het beter dat de wratten niet tussentijds worden weggehaald?

▼ Afb. 41

ONDERZOEK		SCHAAMHAAR SCHEREN LEIDT TOT MEER WATERWRATTEN
Observatie	Waterwratten komen vooral bij peuters voor. Ze worden veroorzaakt door een virus dat zich in huidcellen nestelt. Het kan maanden duren voordat het immuunsysteem het virus heeft herkend en opgeruimd, waarna de bultjes verdwijnen. Er is een toename van het aantal gevallen van waterwratjes bij volwassenen waargenomen. Daarnaast is er een groeiend aantal mensen dat hun schaamhaar scheert.	<p>▼ Afb. 41 Waterwratten rondom het oog.</p> 
Onderzoeksvraag		
Hypothese		
Experiment	Bij 30 patiënten (26 mannen en 4 vrouwen) met het virus werd onderzocht of zij hun schaamhaar scheren.	
Resultaat	93% van de patiënten had hun schaamhaar verwijderd.	
Conclusie	Mensen die hun schaamhaar scheren, lopen een groter risico om waterwratten te krijgen.	

opdracht 12

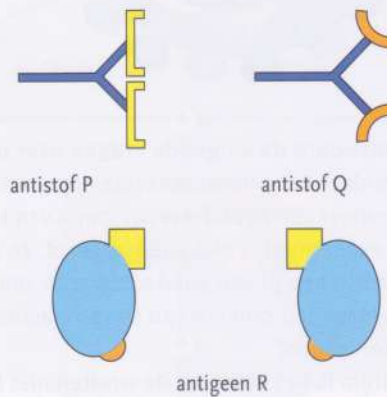
Beantwoord de volgende vragen.

Gebruik de volgende informatie bij de vragen 1 en 2.

Aan een antigeenmolecuul kunnen zich tegelijkertijd verschillende antistofmoleculen binden. In afbeelding 42 zijn schematisch twee verschillende antistofmoleculen (P en Q) weergegeven en twee antigeenmoleculen (R) met elk twee bindingsplaatsen voor deze antistofmoleculen.

- 1 Soms kan de werking van antigeenmoleculen onschadelijk worden gemaakt door twee antigeenmoleculen aan elkaar te binden. Teken de situatie waarin de twee verschillende antistofmoleculen P en Q twee antigeenmoleculen R aan elkaar binden.
- 2 Elke binding tussen een antistofmolecuul en een antigeenmolecuul kan weer worden losgemaakt. Teken de vier mogelijke situaties waarbij één van deze bindingen is verbroken.

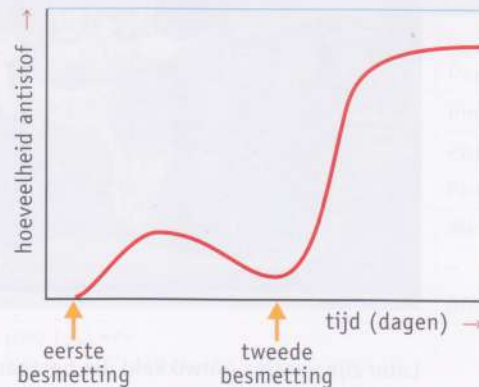
► Afb. 42



3 Immunititeit

Bij een eerste besmetting met een antigeen duurt het enkele dagen voordat er voldoende antistof is gevormd (zie afbeelding 43). Gedurende deze periode kun je ziek zijn. De tijd die verstrijkt tussen het binnendringen van de ziekteverwekker en het optreden van de eerste ziekteverschijnselen wordt **incubatietijd** genoemd. Als je voldoende antistof hebt gevormd, verdwijnen de symptomen. Na zo'n twee weken neemt de hoeveelheid antistof meestal niet meer toe. We noemen deze antistofvorming de **primaire reactie**. Hierna wordt de antistof geleidelijk afgebroken.

► Afb. 43 Primaire en secundaire reactie bij antistofvorming.



Bij een tweede besmetting met hetzelfde antigeen zorgen de geheugencellen ervoor dat er vrijwel onmiddellijk antistof wordt gevormd (de **secundaire reactie**). De hoeveelheid antistof wordt veel groter en neemt veel langzamer af dan bij de primaire reactie. Na een secundaire reactie blijft de antistof veel langer in het bloed aanwezig. Door de snelle secundaire reactie heb je bij een tweede besmetting meestal vrijwel geen ziekteverschijnselen. Je bent door de primaire reactie **immuun** geworden.

Wanneer immunititeit wordt verkregen als reactie op het binnendringen van een ziekteverwekker, spreken we van **natuurlijke immunititeit**. Bij kinderziekten (bijvoorbeeld waterpokken) is sprake van natuurlijke immuniteit (zie afbeelding 44). De opgebouwde immuniteit bij kinderziekten is meestal levenslang. Immuniteit kan ook kunstmatig worden opgewekt. We noemen dat **immunisatie**.

▼ Afb. 44



1 kind met waterpokken



2 kind met pokken

Al sinds 1798 wordt immunisatie toegepast tegen pokken. De Engelse arts Jenner smeerde etter uit koepokken op een kunstmatig aangebracht wondje bij mensen (zie afbeelding 45). Deze mensen werden niet echt ziek, doordat koepokken niet zo kwaadaardig zijn voor mensen. De antistof die de besmette mensen maakten tegen koepokken bleek ook werkzaam te zijn tegen de vaak dodelijke (mensen)pokken. Ze werden immuun voor pokken. De ontdekking van Jenner was het begin van de **vaccinatie** (Latijn: vacca = koe).

- **Afb. 45** Engelse spotprent uit 1802 op vaccinatie door Jenner: mensen krijgen na vaccinatie allerlei uitstulpingen aan hun lichaam.



Later zijn vaccins ontwikkeld die bestaan uit gedode of verzwakte ziekteverwekkers of delen van ziekteverwekkers. Soms worden alleen antigenen ingespoten. Door het vaccin wordt bij de ingeënte persoon het immuunsysteem geactiveerd. De persoon maakt antistof tegen het antigeen van de ziekteverwekker. Geheugencellen zorgen voor immuniteit bij een latere besmetting.

In ons land worden vrijwel alle kinderen gevaccineerd tegen infectieziekten (zie afbeelding 46 en 47). Het vaccinatieprogramma is erg succesvol tegen ziekten die vroeger leidden tot de dood of tot een lichamelijke handicap. Door de vaccinaties is in Nederland het aantal gevallen van bijvoorbeeld polio en mazelen sterk gedaald. Wereldwijde vaccinatiecampagnes hebben eind jaren zeventig van de vorige eeuw geleid tot de uitroeiing van de pokken.

- **Afb. 46** Vaccins uit het rijksvaccinatieprogramma.

Het Rijksvaccinatie-programma

Bij jongens worden er vanaf januari 2011 veertien vaccins gebruikt die beschermen tegen elf infectieziekten. Bij meisjes zijn dat vijftien vaccins tegen twaalf infectieziekten. Vier RVP-vaccins zijn combinatievaccins, dat wil zeggen

dat het vaccin met één prik tegen meerdere ziekten beschermt. De vaccins staan in tabel 1 genoemd. De letters staan voor de ziekten waartegen het vaccin beschermt.

▼ Tabel 1 Gebruikte vaccins.

D	Difterie	Pneu	Pneumokokken
K	Kinkhoest	B	Bof
T	Tetanus	M	Mazelen
P	Polio	R	Rodehond
Hib	Haemophilus influenzae type b (o.a. doofheid, epilepsie, geestelijke achterstand)	MenC	Meningokokken C (o.a. bloedvergiftiging en hersenvliesontsteking)
HepB	Hepatitis B (leverontsteking of geelzucht)	HPV	Humaan Papillomavirus

▼ Tabel 2 Rijksvaccinatieprogramma.

Leeftijd	Prik 1	Prik 2
0 maanden	HepB *	–
2 maanden	DKTP-Hib-HepB **	Pneu
3 maanden	DKTP-Hib-HepB **	Pneu
4 maanden	DKTP-Hib-HepB **	Pneu
11 maanden	DKTP-Hib-HepB **	Pneu
14 maanden	BMR	MenC
4 jaar	DKTP	–
9 jaar	DTP	BMR
12 jaar	HPV (3x) ***	–

Toelichting op het vaccinatieschema

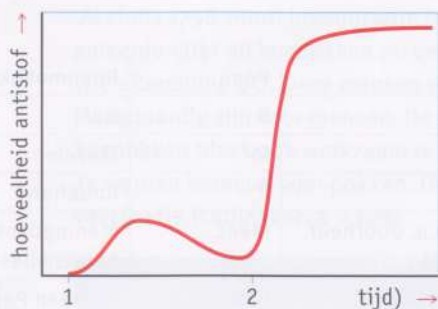
- * Kinderen van wie de moeder besmet is met het hepatitis B-virus (draagster), krijgen binnen 48 uur na de geboorte een hepatitis B-vaccinatie. Bovendien krijgen zij vlak na de geboorte immunoglobulinen (kant-en-klare antistoffen).
- ** Alle kinderen die geboren zijn op of na 1 augustus 2011 krijgen de uitgebreide DKTP-Hib-HepB-inenting, waarin ook een vaccin tegen hepatitis B zit.
- *** Alleen voor meisjes.

▼ Afb. 47 Folder van het Rijksvaccinatieprogramma.

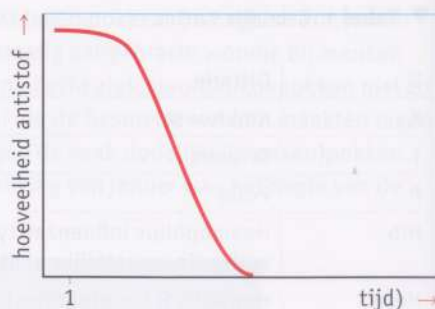


Uit religieuze overwegingen of door verkeerde informatie over veiligheid van het vaccineren, weigeren sommige ouders om hun kinderen in te laten enten. Het gevolg hiervan is dat niet-ingeënte kinderen blootstaan aan ziekten die makkelijk te voorkomen zijn. In 2013 kwam hierdoor een mazelenepidemie voor in delen van Nederland waar veel kinderen niet waren ingeënt. Het inenten van kinderen brengt weinig risico's met zich mee: minder dan een op de miljoen reageert met een allergische reactie op vaccinatie tegen mazelen, terwijl de ziekte erg gevaarlijk kan zijn. Eén op de duizend patiënten ontwikkelt hersenontsteking.

- **Afb. 48** Actieve en passieve immunisatie.



actieve immunisatie
langdurige bescherming



passieve immunisatie
kortdurende bescherming



- 1 Injectie met antigenen of verzwakte ziekteverwekker met antigenen. De antigenen activeren de productie van specifieke antistoffen tegen deze antigenen.

- 2 Bij infectie met een niet verzwakte ziekteverwekker met dezelfde antigenen, zorgen geheugencellen voor een snelle vorming van de specifieke antistoffen.



- 1 Injectie antiserum met antistoffen.

Doordat bij vaccinatie immuniteit ontstaat door activiteit van de ingeënte persoon zelf, noemen we dit **actieve immunisatie** (zie afbeelding 48). In sommige (nood) gevallen wordt **passieve immunisatie** toegepast, bijvoorbeeld wanneer iemand is gebeten door een gifslang. Bij passieve immunisatie wordt een (anti)serum ingespoten. Een serum bevat antistof tegen het antigeen waarmee de persoon is besmet. Men verkrijgt die antistof door bloed af te nemen van een dier dat opzettelijk is besmet. Het nadeel van deze methode is, dat in het bloed van het dier vele verschillende antistoffen voorkomen. Met behulp van de biotechnologie is men tegenwoordig in staat antistoffen van één type te produceren. We noemen dit monoklonale antistof. In thema 2 DNA is behandeld dat hierbij gebruik wordt gemaakt van de celfusietechniek (zie afbeelding 50).

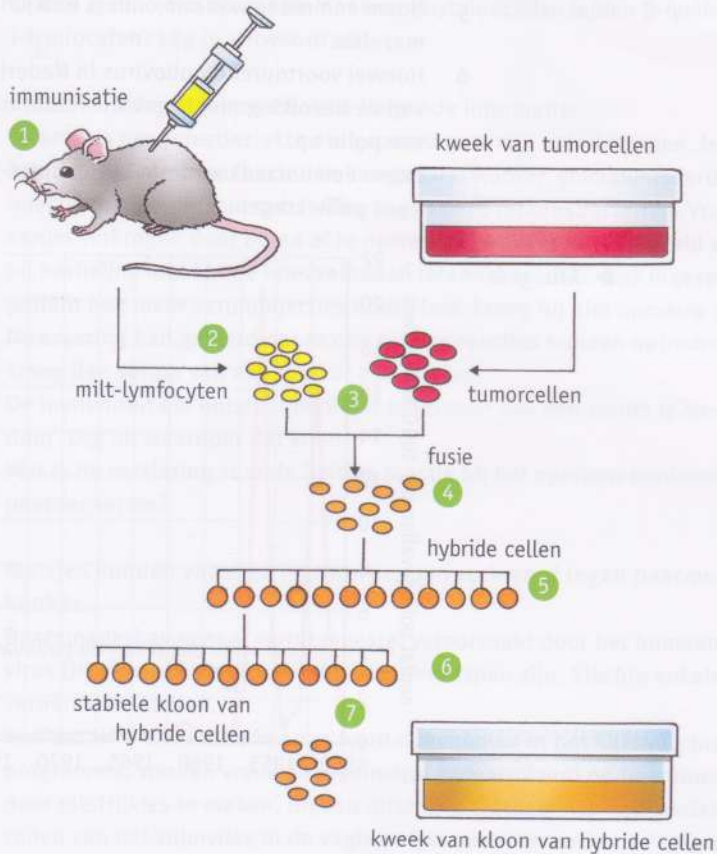
- **Afb. 49** Het 'melken' van een gifslang om een dier opzettelijk te besmetten met de gifstof. Daardoor kan een serum met antistof worden verkregen.



- ▼ **Afb. 50** De productie van monoklonale antistof.

stappen bij de productie van monoklonale antistof

- 1 een muis wordt geïmmuniseerd tegen een ziekteverwekker
- 2 lymfocyten worden geïsoleerd uit de milt van de muis
- 3 deze lymfocyten worden in een kweek samengebracht met tumorcellen
- 4 onder bepaalde omstandigheden fuseren lymfocyten met tumorcellen, waardoor hybride cellen ontstaan
- 5 uit deze hybride cellen wordt die hybride cel geselecteerd die antistof produceert tegen het antigeen van de ziekteverwekker
- 6 deze hybride cel kan zich snel vermenigvuldigen: er ontstaat een kloon
- 7 de kloon van hybride cellen wordt verder gekweekt en produceert onbeperkt antistof van hetzelfde type: monoklonale antistof



opdracht 13

Beantwoord de volgende vragen.

Gebruik bij de vragen 1 tot en met 4 de volgende informatie.

In 2013 vond in Nederland een mazelenepidemie plaats. Mazelen is geen onschuldige kinderziekte. Het kenmerkt zich door hoge koorts, rode vlekjes en een verzwakking van het immuunsysteem. Hierbij verdwijnen cellen die ziekteverwekkers herkennen waarmee het lichaam in het verleden in contact is geweest. Het gevolg hiervan is dat besmette mensen vatbaarder worden voor infecties met andere ziekteverwekkers, net als bij aids. Jaarlijks sterven wereldwijd nog meer dan honderdduizend mensen (vooral kinderen) aan de ziekte, ondanks de beschikbaarheid van een vaccin.

- 1 Hoe heten de cellen die eerdere (voormalige) ziekteverwekkers kunnen herkennen?
- 2 Bij mazelen verdwijnen cellen die ziekteverwekkers herkennen. Wat zal hiervan het gevolg zijn?
- 3 Leg uit waarom het zo belangrijk is dat in het vaccinatieprogramma ook mazelen is opgenomen.
- 4 Leg uit dat na het doormaken van mazelen en na vaccinatie dezelfde immuniteit voor mazelen ontstaat.

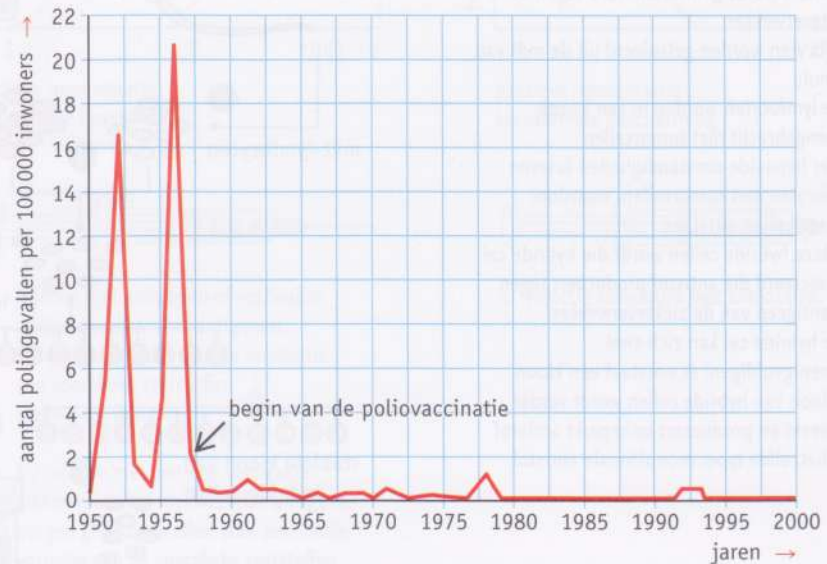
Gebruik bij de vragen 5 en 6 de volgende informatie.

Polio wordt veroorzaakt door een virus dat zenuwcellen aantast. Sinds de polio-epidemieën begin jaren vijftig van de vorige eeuw wordt in Nederland op grote schaal gevaccineerd. Sindsdien is het aantal polioge vallen sterk afgenomen (zie afbeelding 51), ook in gebieden waar niet alle kinderen worden gevaccineerd.

- 5 Noem een reden waarom ouders hun kind(eren) niet laten inenten tegen polio of mazelen.
- 6 Hoewel voortdurend poliovirus in Nederland aanwezig is en steeds een percentage van de bevolking niet is gevaccineerd, traden bijvoorbeeld in 1990 geen gevallen van polio op.

Noem een oorzaak waarom in 1990 niet-gevaccineerde personen in Nederland toch geen polio kregen.

► Afb. 51



opdracht 14

Beantwoord de volgende vragen.

- ▼ Afb. 52 Een baby krijgt een DKTP-Hib-HepB-prik.



- 1 Wat is de incubatietijd?
- 2 Waardoor verloopt de secundaire reactie bij de antistofvorming sneller en heviger dan de primaire reactie?
- 3 Wanneer is iemand immuun voor een bepaalde ziekte?
- 4 Ziekteverwekkers van typische kinderziekten komen vaker voor dan andere ziekteverwekkers. Leg uit hoe het komt dat kinderziekten bij volwassenen vrijwel niet voorkomen.
- 5 Het immuunsysteem van een zuigeling wordt pas enige tijd na de geboorte actief. Toch komen in het bloed van een zuigeling van één dag oud antistoffen voor. Op welke twee manieren kunnen deze antistoffen daar terecht zijn gekomen?
- 6 Bij zuigelingen kunnen we spreken van passieve natuurlijke immuniteit. Leg dat uit.
- 7 Welke conclusie kun je trekken over het antigeen bij koepokken en bij (mensen) pokken?
- 8 Wat is het verschil tussen actieve en passieve immunisatie?
- 9 Worden bij actieve immunisatie geheugencellen gevormd? En bij passieve immunisatie?
- 10 Hoe komt het dat een kind dat een DKTP-Hib-HepB-prik krijgt vaak een dag lang een beetje ziek is?
- 11 Bij de productie van monoklonale antistoffen (zie afbeelding 50) worden de besmette muizen immuun. Is dit actieve of passieve immunisatie? Leg je antwoord uit.
- 12 De monoklonale antistoffen worden gebruikt om besmette personen te behandelen. Is hier sprake van actieve of van passieve immunisatie? Leg je antwoord uit.

- 13 Zijn de lymfocyten die tot de kloon van hybridecellen leiden B-lymfocyten of T-lymfocyten? Leg je antwoord uit.

Gebruik bij de vragen 14 en 15 de volgende informatie.

Tetanus is een infectieziekte die gepaard gaat met spierkrampen. Iemand die besmet is met tetanusbacteriën kan passief worden geïmmuniseerd door een injectie met serum met antistoffen tegen deze tetanusbacteriën. Vroeger werd dit serum verkregen door bloed af te nemen bij een dier (bijvoorbeeld een paard) dat bij herhaling met kleine hoeveelheden tetanusbacteriën was ingespoten. Als een patiënt nog meer seruminjecties nodig had, kreeg hij niet opnieuw paardenserum. De ervaring had geleerd dat er dan heftige reacties konden optreden. De patiënt kreeg dan serum van een rund of een schaap.

- 14 De immuniteit die ontstaat door het toedienen van een serum is slechts van korte duur. Leg uit waardoor dat komt.
- 15 Wat is de verklaring voor de heftige reactie bij het opnieuw toedienen van paardenserum?

opdracht 15

Meisjes kunnen vanaf 12 jaar worden gevaccineerd tegen baarmoederhalskanker.

Baarmoederhalskanker wordt meestal veroorzaakt door het humaan papillomavirus (HPV), waarvan er meer dan honderd typen zijn. Slechts enkele ervan veroorzaken kanker.

Voordat HPV-vaccinatie in 2009 werd opgenomen in het Rijksvaccinatieprogramma, werden vrouwen regelmatig gecontroleerd op baarmoederhalskanker door uitstrijkjes te maken. Bij een uitstrijkje worden met een spatel of borsteltje cellen van het slijmvlies in de vagina afgenomen en onderzocht op een voorstadium van baarmoederhalskanker. Het is een simpele en goedkope manier. Een uitstrijkje kost 20 euro en een vaccinatie kost ongeveer 400 euro. Nadeel van het uitstrijkje is dat niet alle vrouwen zich laten controleren.

Hieronder staat een aantal uitspraken over vaccinatie tegen baarmoederhalskanker weergegeven. Noteer bij elke uitspraak een argument waarom de stelling niet juist is. Informatie over de voor- en nadelen van HPV-vaccinatie kun je eventueel opzoeken op internet.

Besprek de resultaten in een groepje of met de klas.

- 1 Sophie wil zich niet laten inenten, omdat zij heeft gelezen dat er één meisje was dat na de vaccinatie een eileiderontsteking heeft gekregen.
- 2 Anne laat zich niet vaccineren, omdat de vaccinatie haar niet beschermt tegen alle vormen van baarmoederhalskanker.
- 3 Esra vindt dat HPV-vaccinatie verplicht moet worden, omdat het vele doden per jaar voorkomt.
- 4 Julia laat zich niet vaccineren, omdat de meeste varianten van HPV onschadelijk zijn.
- 5 Judith zegt dat zij door HPV-vaccinatie haar hele leven niet meer bang hoeft te zijn dat zij baarmoederhalskanker krijgt.
- 6 Lotte zegt dat uitstrijkjes net zo effectief zijn in het voorkomen van baarmoederhalskanker als de HPV-vaccinatie.

4 Transplantatie en bloedtransfusie

Bij een **transplantatie** wordt een aangetast weefsel of orgaan vervangen door een ander weefsel of orgaan. Dit kan van de patiënt zelf afkomstig zijn, maar ook van iemand anders (een **donor**). Als het weefsel of orgaan afkomstig is van een donor, vormen **afstotingsreacties** een groot probleem. Afstotingsreacties worden opgewekt door eiwitten op de celmembranen van het getransplanteerde weefsel of orgaan. Deze eiwitten worden door het immuunsysteem van de **acceptor** gezien als antigenen.

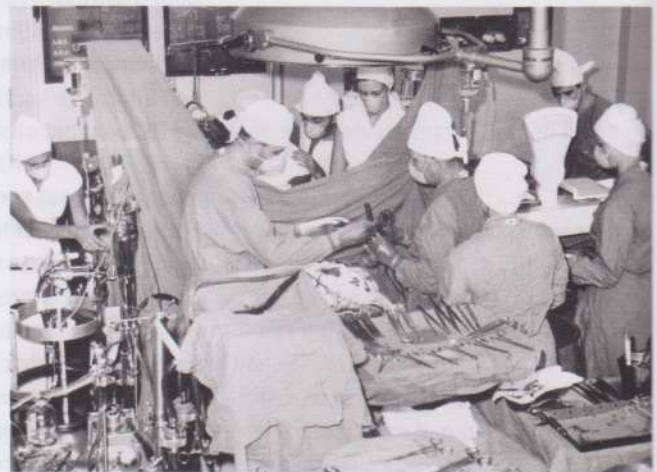
HARTTRANSPLANTATIE

Op 3 december 1967 raakte de 25-jarige Zuid-Afrikaanse Denise Darvall zwaargewond bij een auto-ongeluk. Haar schedel was zodanig beschadigd dat zij alleen nog in leven kon worden gehouden door de beademingsapparatuur. Korte tijd later werd besloten om haar niet langer in leven te houden en gaf haar vader toestemming voor orgaan-donatie.

Enkele uren later ontving Louis Washkansky haar hart, waarmee hij de eerste mens werd bij wie succesvol een harttransplantatie werd toegepast. De transplantatie werd uitgevoerd in het Grootte Schuur Ziekenhuis in Kaapstad onder leiding van dr. Christiaan Barnard. Helaas heeft Washkansky niet lang kunnen profiteren van het donorhart. Hij overleed achttien dagen na de ingreep aan een long-infectie wegens een verzwakt immuunsysteem. Tegenwoordig is de overlevingskans voor een persoon met een donorhart aanzienlijk toegenomen: na één jaar leeft meer dan 90% van de patiënten en na vijf jaar leeft 85% nog. Voor succes is snelheid van essentieel belang. Hoe sneller de operatie, hoe groter de kans op succes. Afstemming op bloedgroep tussen donor en ontvanger kan dan nog wel

plaatsvinden, maar de afstemming op weefseltypering niet. Hierdoor treden bij een deel van de transplantaties toch complicaties op.

▼ **Afb. 53** De eerste succesvolle harttransplantatie.



Bij transplantaties speelt het **Major Histocompatibility Complex** of **MHC** een belangrijke rol. Bij mensen spreekt men van **HLA (Human Leukocyte Antigen)**, omdat het voor het eerst werd ontdekt bij witte bloedcellen (leukocyten). Later is gebleken dat het bij vrijwel alle cellen voorkomt. Door het HLA-systeem kunnen lymfocyten eigen cellen van lichaamsvreemde cellen onderscheiden. Het HLA-systeem is voor elk mens uniek, behalve voor eenzijdige tweelingen. Voorafgaand aan een transplantatie moet worden onderzocht of het HLA-systeem van de donor past bij het HLA-systeem van degene die het orgaan ontvangt (de acceptor). Aangezien de kans hierop klein is, heeft men een internationaal registratiesysteem ontwikkeld om geschikt donormateriaal voor een acceptor te vinden.

AFSTOTINGSREACTIES

De HLA-systemen van donor en acceptor komen vrijwel nooit voor 100% overeen. Afstotingsreacties treden vooral op doordat T-cellen van de acceptor de antigenen herkennen op de membranen van cellen van het donorweefsel of -orgaan. Donorcellen worden dan door de T-cellen vernietigd.

Afstotingsreacties door de vorming van antistoffen door de acceptor komen veel minder vaak voor. Ze leiden echter vaak tot een zeer snelle afstoting (**acute afstoting**).

Afstotingsreacties kunnen worden onderdrukt met medicijnen die het gehele immuunsysteem onderdrukken.

opdracht 16**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Waardoor kunnen lymfocyten eigen cellen van lichaamsvreemde cellen onderscheiden bij een transplantatie?
- 2 Bij ernstige brandwonden wordt soms een stuk huid van de patiënt getransplanteerd van een onbeschadigd lichaamsdeel naar het verbrande deel. Zal deze transplantatie afstotingsverschijnselen veroorzaken? Leg je antwoord uit.
- 3 Bij beenmergtransplantaties geeft men de voorkeur aan een donor die broer of zus is van de acceptor. Leg dat uit.
- 4 Wat is het doel van HLA-matching?
- 5 Welk voordeel heeft een donorverklaring boven een donorcodicil?
- 6 Het toesturen van een donorverklaring naar iedere Nederlandse ingezetene van 18 jaar en ouder is een gevolg van de Wet op de orgaandonatie die in 1998 is ingevoerd. Ben je verplicht donor te worden? Leg je antwoord uit.
- 7 Door welke cellen van het immuunsysteem treden afstotingsreacties meestal op?
- 8 In de context 'Harttransplantatie' staat dat Louis Washkansky achttien dagen na de transplantatie overleed als gevolg van een verzwakt immuunsysteem. Leg uit waarom het nodig was om zijn immuunsysteem met medicijnen te verzwakken.
- 9 Wat wordt bedoeld met afstemming op weefseltypering?
- 10 In afbeelding 56 en 57 zijn krantenartikelen over xenotransplantatie weergegeven. Wat is xenotransplantatie?
- 11 Door welke genetische manipulatie (genetische modificatie) zou men de kans op afstotingsreacties van bijvoorbeeld een varkenshart kunnen verkleinen?
- 12 In het artikel van afbeelding 56 wordt gesproken over acute afstoting. Wordt de acute afstoting door cellulaire of humorale afweer veroorzaakt? Leg je antwoord uit.
- 13 Het kabinet vindt (in navolging van de Gezondheidsraad) xenotransplantatie ethisch aanvaardbaar. Wat wordt hiermee bedoeld?
- 14 Wat vind jij van xenotransplantatie? Beargumenteer je mening.

▼ **Afb. 56****Transplantatie van dierlijke organen is aanvaardbaar**

RIJSWIJK – De transplantatie van dierlijke organen naar mensen is ethisch aanvaardbaar. Het onderzoek naar deze nieuwe technieken kan doorgaan. Dat

advies heeft de Gezondheidsraad uitgebracht aan de minister van Volksgezondheid. De zogeheten xenotransplantatie is nu nog niet mogelijk. Het overbrengen van dierlijke organen naar de mens brengt te veel risico's met zich mee, zoals afstotingsverschijnselen en infecties. Apen zijn niet geschikt, omdat de kans op infecties te groot is. Varkens lijken

het meest in aanmerking te komen. Een genetische aanpassing van deze dieren zou het gevaar van afstoting kunnen verkleinen. De farmaceutische gigant Sandoz is al bezig met de 'productie' van genetisch gemanipuleerde varkens. Organen van deze dieren zouden minder vatbaar zijn voor acute afstoting.

▼ Afb. 57

Xenotransplantatie

Het gebruik van dierlijke cellen, weefsels of organen in patiënten blijft discussie veroorzaken. Woensdag debatteerde de Tweede Kamer met de minister van Volksgezondheid over het standpunt van het kabinet dat xenotransplantatie 'in principe ethisch aanvaardbaar is'. Het kabinet volgt daarmee het advies van de Gezondheidsraad. Xenotrans-

plantatie zou een oplossing kunnen bieden voor het nog steeds slinkende donoraanbod. Het debat had iets weg van een schimmengevecht. Men sprak over mogelijkheden die er nog niet zijn en waarvan het nog maar de vraag is of ze er ooit zullen komen. De medisch-technische problemen van bijvoorbeeld het transplanteren van een varkenshart naar een hartpatiënt zijn nog formidabel. Het hart zal binnen enkele uren

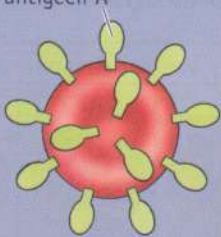
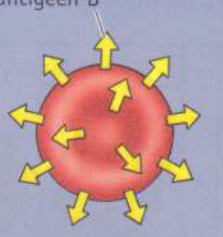
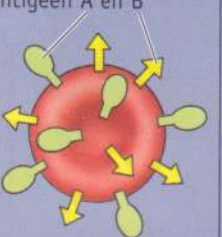

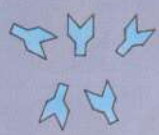
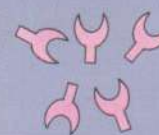
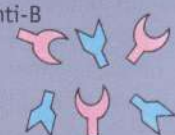
worden afgestoten en de patiënt sterft bij wijze van spreken onder de handen van zijn operateur. Niettemin, zo liet de Tweede Kamer blijken, wil de politiek zich nadrukkelijk bemoeien met de vraag of het wetenschappelijk onderzoek naar xenotransplantatie in Nederland doorgang kan vinden. Kabinet en Kamer zijn het erover eens dat er voorlopig geen sprake kan zijn van experimenten op patiënten.

BLOEDGROEPEN

Op de celmembranen van rode bloedcellen komen ook antigenen voor die kunnen leiden tot afweerreacties. Op grond van deze antigenen heeft men meer dan driehonderd systemen ontwikkeld om bloedgroepen in te delen. De belangrijkste systemen zijn het **ABO-systeem** en de **resusfactor**.

Bij het ABO-systeem onderscheidt men de bloedgroepen A, B, AB en 0 (nul). Hierbij zijn twee antigenen betrokken (zie afbeelding 58). Mensen met bloedgroep A hebben op de celmembranen van rode bloedcellen alleen antigeen A; mensen met bloedgroep B hebben alleen antigeen B. Mensen die beide antigenen op hun rode bloedcellen hebben, behoren tot de bloedgroep AB. Tot bloedgroep 0 behoren mensen bij wie geen van deze antigenen voorkomt.

▼ Afb. 58 Antigenen en antistoffen bij de bloedgroepen van het ABO-systeem.

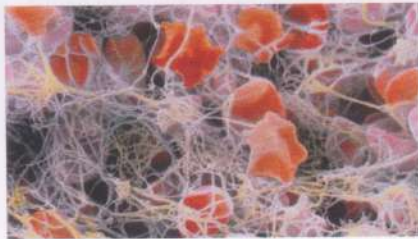
	Bloedgroep A	Bloedgroep B	Bloedgroep AB	Bloedgroep 0
Antigenen aan rode bloedcellen	antigeen A 	antigeen B 	antigeen A en B 	geen antigeen A geen antigeen B 
Antistoffen in bloedplasma	anti-B 	anti-A 	geen anti-A geen anti-B	anti-A anti-B 
% in Nederland	43%	9%	3%	45%

Bij ieder mens bevat het bloedplasma de antistoffen tegen de antigenen die niet op de celmembranen van de rode bloedcellen voorkomen. Een persoon met bloedgroep A bijvoorbeeld heeft in het bloed antistof tegen B; een persoon met bloedgroep B heeft antistof tegen A (zie afbeelding 58). De vorming van deze antistoffen wordt vanaf de geboorte opgewekt door bacteriën die in het darmkanaal voorkomen.

▼ Afb. 59



1 normaal beeld van bloed



2 samengeklonterd bloed

Rode bloedcellen klonten samen als ze in contact komen met de antistof die tegen het antigeen van deze bloedcellen is gericht (zie afbeelding 59). De samengeklonterde bloedcellen blijven steken in de haarvaten. Ze gaan te gronde, waardoor **hemoglobine** vrijkomt in het bloedplasma. Dit proces wordt **hemolyse** genoemd. Het kan onder andere hersen- en nierbeschadigingen tot gevolg hebben en zelfs leiden tot de dood.

Bij een bloedtransfusie moet men er dus op letten dat het juiste bloed wordt toegediend. Een patiënt moet bij voorkeur donorbloed van dezelfde bloedgroep ontvangen. In bepaalde (nood)gevallen kan men toch bloed van een andere bloedgroep geven. Dat kan doordat men tegenwoordig bij een bloedtransfusie alleen nog maar rode bloedcellen toedient. Deze rode bloedcellen worden verkregen door donorbloed te centrifugeren waardoor bloedplasma wordt gescheiden van de rode bloedcellen. De antistoffen die in het plasma aanwezig zijn, worden dan niet toegediend.

opdracht 17

In afbeelding 60 geven de egaal ingevulde cirkels aan dat een bloedtransfusie goed verloopt.

Beantwoord de vragen 1 tot en met 5 met behulp van deze afbeelding.

- 1 Geef voor elke bloedgroep aan van welke bloedgroep(en) je bloed kunt toedienen aan een patiënt met deze bloedgroep.
- 2 Van welke bloedgroep kun je bloed aan patiënten van alle bloedgroepen geven? Leg uit hoe dit komt.
- 3 Welke bloedgroep moet een patiënt hebben om bloed van alle bloedgroepen te kunnen ontvangen? Leg uit hoe dit komt.
- 4 Welke bloedgroep noemt men de algemene donor? Leg je antwoord uit.
- 5 Welke bloedgroep noemt men de algemene acceptor? Leg je antwoord uit.

► Afb. 60 Transfusieschema.

		bloedgroep van het donorbloed			
		A	B	AB	O
bloedgroep van de patiënt (ontvanger)	A				
	B				
	AB				
	O				

- 6 Afbeelding 61 is een artikel over een bloedtransfusie tussen een hond en een kat. Na de bloedtransfusie is het bloed van de kat niet gaan klonteren. Geef hiervoor een verklaring.

▼ Afb. 61

Hond redt kat met bloedtransfusie

In Tauranga, een stad in het Noorden van Nieuw-Zeeland, heeft een hond het leven van een kat gered. De kat Rory had

een vergiftiging opgelopen en de dierenarts zei dat een bloedtransfusie met bloed van een andere kat met dezelfde bloedgroep zou kunnen helpen. Er was echter geen geschikte kat in de buurt. De dierenarts besloot vervolgens een hond als bloeddonor te gebruiken.

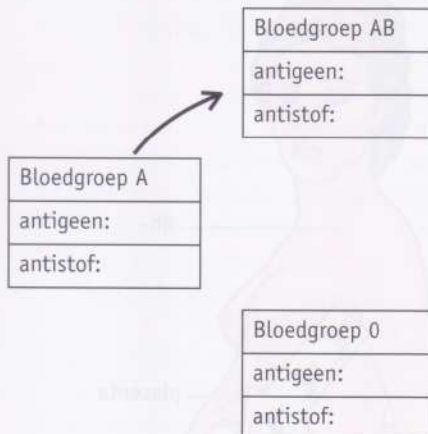
Een uur nadat Rory bloed van Maci, een labrador, had gekregen liep ze weer vrolijk rond. Volgens dierenartsen is het in noodgevallen mogelijk om honden en katten elkaars bloed te doneren.

opdracht 18

Neem het schema van afbeelding 62 over.

- Vul bij elke bloedgroep in welke antigenen er aan de rode bloedcellen zitten en welke antistoffen er in het bloedplasma voorkomen.
- Geef met pijlen aan welke bloedtransfusies mogelijk zijn. Dit is voorgedaan voor de transfusie van donorbloed van bloedgroep A naar een ontvanger van bloedgroep AB.

▼ Afb. 62



▼ Afb. 63 Bloedtransfusie.



▼ Afb. 64 Resusaap.



RESUSFACTOR

Bij 85% van de mensen komt op de celmembranen van de rode bloedcellen een eiwit voor dat ook op de celmembranen van het resusaapje voorkomt (zie afbeelding 64). Dit eiwit wordt daarom **resusantigeen** of **resusfactor** genoemd. Bloed met het resusantigeen wordt resuspositief bloed genoemd (Rh+). Mensen die het resusantigeen niet hebben, zijn resusnegatief (Rh-). Deze mensen kunnen antistof maken tegen het resusantigeen. Zij maken deze antistof (**antiresus**) pas, als ze in contact komen met resuspositief bloed. Als een patiënt met resusnegatief bloed (bijvoorbeeld A Rh-) resuspositief bloed (bijvoorbeeld A Rh+) ontvangt, zal deze persoon antiresus maken (primaire reactie). Het blijkt echter dat een patiënt bij een eerste bloedtransfusie niet voldoende antiresus kan maken, zodat deze transfusie geen problemen oplevert.

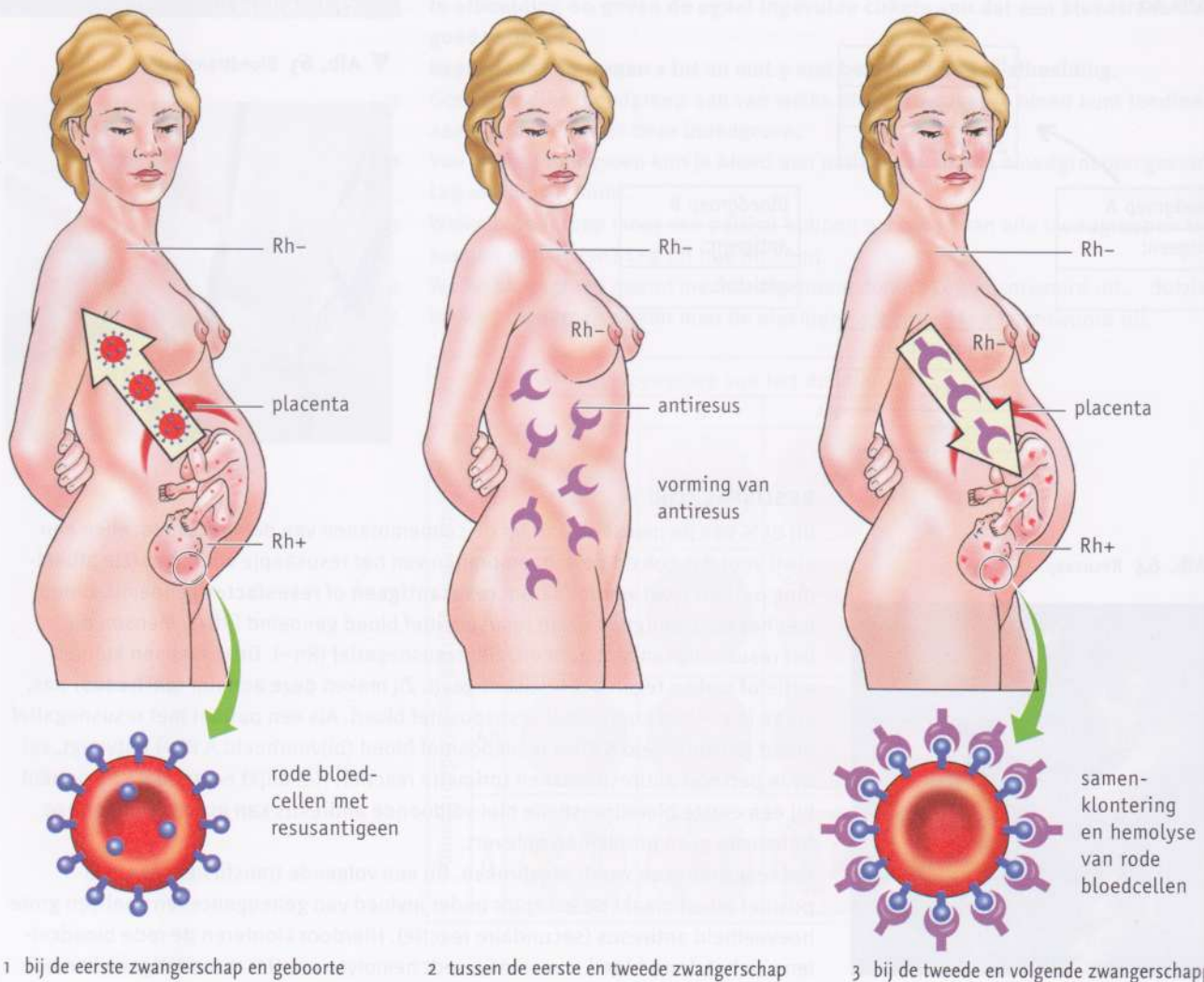
Het resusantigeen wordt afgebroken. Bij een volgende transfusie met resuspositief bloed maakt de acceptor onder invloed van geheugencellen snel een grote hoeveelheid antiresus (secundaire reactie). Hierdoor klonteren de rode bloedcellen van het donorbloed samen en treedt hemolyse op. Het resusantigeen kan ook

problemen geven bij zwangerschap. Dit is het geval als een resusnegatieve vrouw zwanger is van een resuspositief kind (zie afbeelding 65). Door scheurtjes in de placenta kunnen rode bloedcellen van het kind in de bloedsomloop van de moeder terechtkomen. Vooral tijdens de bevalling kunnen lekken in de placenta ontstaan. De moeder maakt dan antiresus.

Voor het eerste kind heeft dat geen gevolgen. Na de eerste bevalling bevat het bloed van de moeder echter antiresus. Als bij een volgende zwangerschap het kind weer resuspositief is, kan er antiresus uit het bloed van de moeder door de placenta in het bloed van het kind terechtkomen. Er kunnen dan rode bloedcellen van het kind samenklonteren en er kan hemolyse optreden. Een kind bij wie deze verschijnselen optreden, wordt een **resuskindje** genoemd.

Problemen met resuskinderen voorkomt men door bij een resusnegatieve moeder antiresus in te spuiten, direct na de geboorte van een kind. Als er dan rode bloedcellen met resusantigeen van het kind in het bloed van de moeder terecht zijn gekomen, klonteren deze door het ingespoten antiresus meteen samen en worden ze afgebroken. Het immuunsysteem van de moeder zal de resusantigenen van het kind niet detecteren, waardoor het zelf geen antiresus en geheugencellen maakt. Het ingespoten antiresus wordt na verloop van tijd afgebroken.

▼ Afb. 65 Het ontstaan van een resuskindje (schematisch).



opdracht 19

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Een 12-jarige jongen heeft nog nooit een bloedtransfusie gehad. Deze jongen heeft bloedgroep A Rh⁻.
Bevat het bloed van deze jongen antiresus? Leg je antwoord uit.
- 2 Kan bij een bloedtransfusie bloed van deze jongen worden gegeven aan een patiënt met bloedgroep A Rh⁺?
- 3 Deze jongen ontvangt bij een bloedtransfusie bloed van bloedgroep A Rh⁺.
Leg uit dat dit bij een eerste bloedtransfusie geen kwaad kan.
- 4 Wanneer gaat een resusnegatieve vrouw die zwanger is van een resuspositief kind, antiresus maken?
- 5 Als een resusnegatieve vrouw zwanger is van een resuspositief kind, levert dat de eerste keer geen problemen op. Leg uit waardoor niet.
- 6 Wanneer een resusnegatieve moeder na de geboorte van een resuspositief kind antiresus krijgt ingespoten, maakt ze zelf geen antiresus. Leg dat uit.
- 7 Met welke vorm van immunisatie is dit te vergelijken?
- 8 Waardoor zijn er, zowel voor als na de bevalling, geen problemen te verwachten als een resusnegatief kind geboren wordt uit een resuspositieve moeder?
- 9 Wanneer een moeder met bloedgroep A zwanger is van een kind met bloedgroep B en moeder en kind dezelfde resusfactor hebben, zijn er geen problemen te verwachten.
Kunnen de antistoffen van het AB0-bloedgroepsysteem door de placenta heen?
Leg je antwoord uit.

5 Evenwicht

In thema 6 Regeling en waarneming van deel 4 heb je geleerd dat het interne milieu van je lichaam zo constant mogelijk wordt gehouden. Dit noem je homeostase. Homeostase zorgt voor evenwicht in je lichaam.

EVENWICHT IN HET LICHAAM

Het interne milieu bestaat uit extracellulaire lichaamsvloeistoffen. Hieronder vallen bloed in de bloedvaten en weefselvloeistof dat zich tussen de cellen bevindt.

Dankzij deze vloeistoffen krijgen cellen de stoffen die ze nodig hebben en worden de afvalstoffen afgevoerd.

De aan- en afvoer van deze stoffen luistert nauw. Als er te weinig aanvoer is, bijvoorbeeld van zuurstof, presteren cellen niet optimaal en kunnen zelfs doodgaan. Dit kan ook gebeuren als de afvoer van stoffen niet goed gaat. Slechte afvoer van stoffen kan bijvoorbeeld leiden tot verzuring. Verandering van de zuurgraad (pH) kan tot veranderingen in de structuur van enzymmoleculen leiden. Doordat enzymen chemische reacties in cellen versnellen, kan een verandering in de zuurgraad de snelheid van een chemische reactie beïnvloeden. Enzymen zijn ook temperatuurgevoelig, waardoor een veranderende lichaamstemperatuur leidt tot een verandering van de snelheid van een chemische reactie. Vandaar dat een constante lichaamstemperatuur belangrijk is.

Organen in het lichaam zorgen ervoor dat de extracellulaire lichaamsvloeistoffen worden aangevoerd, afgevoerd en gezuiverd. Ook worden de waarden gemeten en vergeleken met de normwaarde. Zo heeft de kern van het menselijk lichaam voor de temperatuur een normwaarde van ongeveer 37 °C. Dreigt de temperatuur onder de 37 °C te komen, dan zal het lichaam ervoor zorgen dat de temperatuur gaat stijgen. Mocht de normwaarde boven de 37 °C komen, dan reageert het lichaam hierop door warmte te verliezen.

Het lichaam heeft niet alleen voor temperatuur een normwaarde, maar ook voor de hoeveelheid glucose en koolstofdioxide in het bloed, en de zuurgraad. Het handhaven van homeostase vindt meestal plaats door regelkringen met negatieve terugkoppeling, waardoor er een dynamisch evenwicht ontstaat.

Als iemand de marathon loopt of een andere duursport beoefent, vinden er allerlei fysiologische veranderingen in het lichaam plaats. Zo nemen onder andere de lichaamstemperatuur en de hoeveelheid koolstofdioxide in het bloed toe. Deze veranderingen worden door het zintuigstelsel waargenomen en doorgegeven aan het zenuwstelsel. Deze geeft de informatie door aan cellen, weefsels en organen die ervoor zorgen dat deze veranderingen zoveel mogelijk worden teruggebracht. Zo zal de extra koolstofdioxide in het bloed bij het lopen van de marathon door zintuigcellen worden waargenomen en doorgegeven aan het zenuwstelsel, dat ervoor zorgt dat de hartslag en ademfrequentie toenemen.

Deze opdracht doe je samen met andere leerlingen, bijvoorbeeld in een groepje van vier leerlingen. Jullie onderzoeken samen de veranderingen die in het lichaam optreden tijdens de beoefening van een duursport. Jullie kunnen hierbij bijvoorbeeld kiezen voor triatlon, langeafstandzwemmen, marathonschaatsen, een marathon lopen of een lange etappe bij het wielrennen.

▼ Afb. 66 Marathonlopers.



opdracht 20

Samenwerking

Het onderzoek delen jullie in een aantal deelonderwerpen in. Per deelonderwerp stellen jullie een aantal relevante deelvragen op die je vervolgens beantwoordt. Van het onderzoek maak je een verslag.

– Voordat je onderzoekt hoe het lichaam reageert op een verstoring van het evenwicht, moet je eerst weten hoe het lichaam een evenwicht handhaaft. Vandaar dat je eerst moet beschrijven welke processen zich in een lichaam in rust afspelen. Dat doe je aan de hand van de volgende deelonderwerpen:

- spierwerking;
- ademhaling;
- transport;
- huid en warmteregeling;
- zintuig-, hormoon- en zenuwstelsel;
- voeding en vertering;
- uitscheiding.

Je kunt hierbij beginnen met het dissimilatieproces te beschrijven dat zich in rust in spiercellen afspeelt. Hierbij kun je verschillende deelvragen bedenken, zoals: wat is het doel van dit proces, welke stoffen zijn hiervoor nodig en welke worden gevormd, hoe worden deze stoffen aangevoerd en afgevoerd? Beschrijf ook welke prikkel ervoor zorgt dat de cel voldoende aanvoer krijgt en waar deze prikkel wordt waargenomen. Ook de andere deelonderwerpen kun je op deze manier behandelen.

– Vervolgens ga je na welke veranderingen optreden tijdens de activiteit en beschrijf je hoe de verschillende systemen hierop reageren.

Hieronder staan enkele voorbeelden van deelvragen die je daarbij kunt gebruiken:

- Wat gebeurt er met de temperatuur tijdens het lopen van de marathon?
- Bij welk proces komt warmte vrij?
- Hoe verandert de bloedsuikerspiegel gedurende de inspanning?
- Welke rol speelt de huid bij de temperatuurregeling?

– Maak ten slotte een verslag van jullie onderzoek. Besteed in het verslag aandacht aan de verschillende niveaus van de biologie: welke veranderingen vinden plaats op het niveau van moleculen, van cellen, van organen en van het organisme?

EVENWICHT IN DE NATUUR

In ecosystemen heersen ook evenwichten, bijvoorbeeld op het niveau van populaties. In thema 7 Ecologie van deel 4 heb je geleerd dat we dit biologische evenwichten noemen. De populatiedichtheid wordt daarbij geregeld door negatieve terugkoppeling.

In een gebied waar bijvoorbeeld vossen en konijnen voorkomen, zal de grootte van de populatie vossen mede afhangen van de grootte van de populatie konijnen. Bij een toename van het aantal konijnen kan ook de vossenpopulatie groter worden. Als door predatie de populatie konijnen afneemt, neemt de beschikbare hoeveelheid voedsel voor de vossen af. Als er geen andere voedselbronnen zijn, zal de populatie vossen ook afnemen. Deze afname kan het gevolg zijn van sterfte bij vossen door ondervoeding, doordat ze als gevolg van een slechtere voeding vatbaarder worden voor ziekteverwekkers, of van afnemend voortplantingssucces. Door de afname van de populatiegrootte van de vossen neemt de predatie van vossen op de konijnen af. Als gevolg hiervan kan de populatiegrootte van de konijnen toenemen.

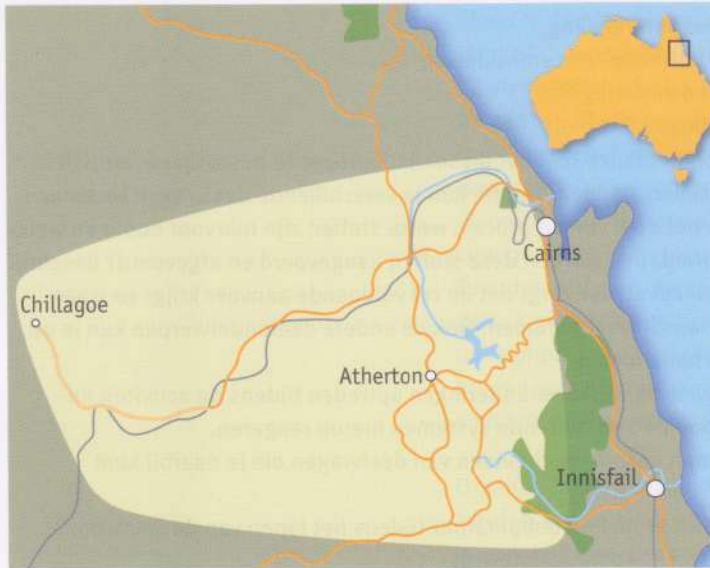
opdracht 21

Deze opdracht doe je samen met andere leerlingen, bijvoorbeeld in een groepje van vier leerlingen.

In deze opdracht adviseren jullie een Australische parkranger (boswachter) door een aanbevelingsrapport te schrijven over het beheersen van de konijnenpopulatie in Atherton Tablelands in de staat Queensland (zie afbeelding 67). Het aantal konijnen is daar gestegen van 20 000 naar 130 000 in slechts zes jaar tijd. De konijnen eten veel van de oorspronkelijke begroeiing.

In het verleden is er veel gedaan om het konijnenbestand terug te dringen, maar dit was niet altijd succesvol (zie afbeelding 68). Parkrangers kijken naar mogelijkheden om deze plaag te bestrijden op een natuurlijke manier.

▼ Afb. 67 Atherton Tablelands, Australië.



Informatie kun je halen uit afbeelding 68 en van internet.

In het adviesrapport hoort onder andere het volgende te staan:

- een voedselweb waarin het konijn in Australië centraal staat en waar zoveel mogelijk andere organismen uit het gebied in voorkomen;
- een beschrijving van de schade die een konijnenplaag in Australië kan aanrichten (denk daarbij ook aan wat er kan gebeuren als te veel planten door vraat afsterven);
- de methoden die de mens in de natuur kan inzetten om op een verantwoorde manier de konijnenpopulatie-dichtheid te beheersen, toegelicht met informatie over de leefgewoonten van konijnen, zijn natuurlijke vijanden en eventuele ziekten.

▼ Afb. 68 Konijnen in Australië.

Konijnen in Australië

In de natuur heerst een evenwicht dat gemakkelijk kan worden verstoord. Dat wordt bijvoorbeeld duidelijk wanneer door toedoen van de mens een nieuwe soort in een gebied wordt geïntroduceerd.

Konijnen zijn in Australië een serieus probleem en veroorzaken voor miljoenen euro's schade aan landbouwgewassen en de oorspronkelijke natuur. Oorspronkelijk kwamen er in Australië geen konijnen voor, maar in 1859 werden door de Engelsen 24 Europese konijnen

uitgezet voor de jacht. In korte tijd groeide deze populatie uit tot een plaag. Verschillende methoden zijn gebruikt om de populatie konijnen onder controle te brengen. Om te voorkomen dat konijnen van het oosten van Australië zich naar het westen zouden verplaatsen, werd er tussen 1901 en 1907 een hek van 3256 km lengte geplaatst. Doordat Europese konijnen hoog kunnen springen en gangen kunnen graven, bleek het hek niet voldoende bescherming te bieden. In de jaren vijftig van de vorige eeuw werd het virus *Myxomatosis cuniculi* geïntroduceerd. Myxomatose is een zeer



een deel van het hek

besmettelijke en dodelijke konijnenziekte. Dat leidde tot een tijdelijke afname van de populatie. Het grootste deel van de huidige konijnenpopulatie in Australië is echter immuun voor de ziekte.

opdracht 22

Bereid met je groepje een presentatie voor van een deel van het verslag uit opdracht 20 of de aanbeveling uit opdracht 21. De presentatie duurt 5 tot 10 minuten.

Samenvatting

DOELSTELLING 1

Je moet in een context van de delen van de huid en het onderhuidse bindweefsel de kenmerken en functies kunnen noemen.

- De huid bestaat uit opperhuid en lederhuid.
- Opperhuid: hoornlaag en kiemlaag. In de opperhuid liggen geen bloedvaten.
 - Hoornlaag (dode, verhoornde epitheelcellen): bescherming tegen beschadiging, uitdroging en infecties.
 - Kiemlaag (levende epitheelcellen): melanocyten produceren pigment (melanine) dat bescherming geeft tegen ultraviolette straling. De onderste laag cellen deelt zich voortdurend.
 - Haar met haarzakje (uitstulping van de kiemlaag) en talgklieren. Talg houdt het haar en de hoornlaag soepel.
- Lederhuid: bindweefsel met zintuigen, zenuwen, haarspiertjes, bloedvaten en zweetklieren.
- In de huid wordt vitamine D gevormd onder invloed van de ultraviolette straling in zonlicht.
- Onderhuidse bindweefsel.
 - Opslag van vet in vetcellen: het vet heeft een warmte-isolerende werking.

DOELSTELLING 2

Je moet in een context kunnen beschrijven hoe de lichaamstemperatuur min of meer constant wordt gehouden.

- Min of meer constante lichaamstemperatuur door evenwicht tussen warmteproductie en warmteafgifte (warmtebalans).
 - Warmteproductie door dissimilatie, vooral in het binnenste deel van het lichaam en in actieve (skelet) spieren.
 - Warmteafgifte via bloed dat door de huid stroomt en via zweet dat verdampt.
- Het temperatuurcentrum in de hypothalamus regelt de warmteproductie en warmteafgifte van het lichaam.
 - Koude- en warmtezintuigen in de hypothalamus registreren de temperatuur van het bloed.
- Bescherming tegen stijging van de lichaamstemperatuur.
 - Bloedvaten in de huid worden wijder (de huid wordt roder).
 - Zweetklieren produceren meer zweet (water en zouten).

- Bescherming tegen daling van de lichaamstemperatuur.
 - Bloedvaten in de huid worden nauwer (de huid wordt bleker).
 - Zweetklieren produceren minder zweet.
 - Warmteproductie neemt toe (rillen en klapper-tanden).

DOELSTELLING 3

Je moet in een context de vormen van aspecifieke afweer kunnen beschrijven.

- Aspecifieke afweer: werkzaam tegen vele verschillende ziekteverwekkers (o.a. tegen bacteriën en lichaamsvreemde stoffen).
- Mechanische afweer: de huid en de slijmvliezen van de luchtwegen, het verteringsstelsel, het uitscheidingsstelsel en het voortplantingsstelsel bemoeilijken het binnendringen van ziekteverwekkers en schadelijke stoffen.
- Chemische afweer: bijv. zoutzuur in maagsap doodt bacteriën.
- Koorts: verhoogde lichaamstemperatuur gaat de ontwikkeling van ziekteverwekkers tegen en versnelt de afweerreacties van het lichaam.
- Fagocytose: insluiting en vertering van ziekteverwekkers door fagocyten (granulocyten en macrofagen).
 - Fagocyten ontstaan uit stamcellen in het rode beenmerg en komen daarna in het bloed terecht.
- Antibiotica versterken tijdelijk de afweer van het lichaam.
 - Antibiotica zijn werkzaam tegen bacteriële infecties, niet tegen infecties door virussen.

DOELSTELLING 4

Je moet in een context de vormen van specifieke afweer kunnen beschrijven.

- Specifieke afweer: werkzaam tegen één type ziekteverwekker (o.a. tegen lichaamsvreemde cellen, lichaamsvreemde stoffen, bacteriën en virussen).
- Specifieke afweerreacties worden opgewekt door antigenen.
 - Antigenen zijn grote moleculen, meestal eiwitten.
 - Antigenen bevinden zich meestal op celmembranen, maar kunnen ook geïsoleerd in een organisme voorkomen.
 - Herkennen van antigenen gebeurt door specifieke receptoreiwitten.
- Macrofagen en sommige andere cellen (o.a. door virussen geïnfecteerde cellen) kunnen een antigeen op hun celmembraan plaatsen.
 - Ze worden dan antigeen-presenterende cellen genoemd.

- Lymfocyten zorgen voor specifieke afweerreacties.
 - Lymfocyten ontstaan uit stamcellen uit het rode beenmerg.
 - In het beenmerg ontwikkelen zich B-lymfocyten; in de thymus T-lymfocyten. Hierna verspreiden de lymfocyten zich en komen vooral in de lymfeknopen en de milt terecht.
 - T-lymfocyten delen zich na antigeen-presentatie veelvuldig. Er ontwikkelen zich T-cellen en T-geheugencellen.
- Cellulaire afweer: gericht tegen lichaamscellen die met virussen zijn geïnfecteerd, tegen kankercellen en tegen cellen van getransplanteerde weefsels of organen.
 - T-cellen vernietigen de geïnfecteerde lichaamscellen, de kankercellen of getransplanteerde cellen.
- Humorale afweer: door antistoffen die terechtkomen in alle lichaamsvochten.
 - B-lymfocyten ontwikkelen zich tot twee typen dochtercellen: geactiveerde B-cellen en B-geheugencellen.
 - Geactiveerde B-cellen vormen antistoffen tegen antigenen.
 - Tegen een antigeen kunnen verschillende antistoffen worden gevormd.
 - Een antigeenmolecuul en een antistofmolecuul vormen een antigeen-antistofcomplex.
 - Door de complexvorming wordt de ziekteverwekker onschadelijk gemaakt, bijv. doordat het celmembraan van een lichaamsvreemde cel wordt aangetast, waardoor de cel uiteenvalt. Vaak wordt door complexvorming de fagocytose van een ziekteverwekker door macrofagen bevorderd.
- T-geheugencellen en B-geheugencellen blijven inactief bij een eerste infectie. Bij een volgende infectie herkennen ze het antigeen, waardoor er een snellere afweerreactie volgt.
- Incubatietijd: de tijd tussen besmetting en de eerste ziekteverschijnselen.
- Kunstmatige immuniteit: ontstaat door immunisatie.
 - Actieve immunisatie (vaccinatie): door inenting met een vaccin (dode of verzwakte ziekteverwekker). De persoon vormt zelf antistof. De immuniteit is van langere duur, doordat geheugencellen worden gevormd.
 - Passieve immunisatie: door inspuiten van een serum met antistof. De persoon vormt zelf geen antistof en geen geheugencellen. De immuniteit is tijdelijk, doordat de antistof wordt afgebroken en er geen geheugencellen worden gevormd.

DOELSTELLING 6

Je moet in een context de problemen kunnen beschrijven die door antigenen kunnen ontstaan bij transplantaties en bloedtransfusies.

- Transplantaties:
 - Eiwitten op celmembranen van getransplanteerde weefsels of organen worden door het immuunsysteem van de acceptor herkend als antigenen.
 - HLA (Human Leukocyte Antigen): eiwitten op celmembranen waarmee herkenning tussen lichaamseigen en lichaamsvreemde cellen plaatsvindt. Het HLA-systeem is voor iedere persoon uniek.
 - Afstotingsreacties treden vooral op door cellulaire afweer. T-cellen van de acceptor herkennen lichaamsvreemde HLA-antigenen en vernietigen donorcellen.
 - In sommige gevallen leidt antistofvorming tot zeer snelle afstoting (acute afstoting).
 - Bij transplantaties worden donoren gezocht van wie het HLA-systeem zoveel mogelijk overeenkomt met dat van de acceptor (HLA-matching). Er treden dan zo min mogelijk afstotingsreacties op.
 - Afstotingsreacties worden onderdrukt met medicijnen die het gehele immuunsysteem onderdrukken.

DOELSTELLING 5

Je moet in een context kunnen beschrijven op welke manieren immuniteit kan ontstaan.

- Natuurlijke immuniteit: ontstaat doordat een persoon wordt geïnfecteerd door een ziekteverwekker.
 - Primaire reactie: de antistofvorming na de eerste besmetting met het antigeen van de ziekteverwekker.
 - Secundaire reactie: de antistofvorming na de tweede of volgende besmetting met hetzelfde antigeen. Doordat geheugencellen het antigeen herkennen, wordt de antistof sneller gevormd en wordt er een grotere hoeveelheid antistof gevormd. Er treden geen symptomen meer op.

- Bloedgroepen van het AB0-systeem:

Bloedgroep	Antigeen op celmembranen van rode bloedcellen	Antistof in bloedplasma
A	A	anti-B
B	B	anti-A
AB	A en B	anti-B
0 (nul)	0	anti-A en anti-B

- Bloedtransfusies:
 - Bij voorkeur geeft men bloed van een donor met dezelfde bloedgroep als de acceptor.
 - Rode bloedcellen klonten samen als antistof van de acceptor reageert met antigeen van de donor. Er vindt dan hemolyse plaats: rode bloedcellen gaan te gronde, waardoor hemoglobine vrijkomt in het bloedplasma.
 - Bloedgroep 0 is de algemene donor.
 - Bloedgroep AB is de algemene acceptor.
- Resusfactor:
 - Resuspositief bloed bevat het resusantigeen.
 - Resusnegatief bloed bevat geen resusfactor en kan antiresus bevatten.
- Bloedtransfusies:
 - Bij voorkeur geeft men bloed van een donor met dezelfde resusfactor (en dezelfde bloedgroep) als de acceptor.
 - Na een eerste transfusie van resuspositief bloed naar een resusnegatieve acceptor wordt antiresus gevormd, maar treedt geen samenklontering op. Bij een tweede transfusie treedt samenklontering op.
 - Transfusie van resusnegatief bloed naar een resuspositieve acceptor is mogelijk.
- Resusnegatieve moeder die zwanger is van een resuspositief kind:
 - Na de bevalling vormt de moeder antiresus.
 - Tijdens de volgende zwangerschap(pen) worden rode bloedcellen van een resuspositief kind afgebroken (resuskindje).
 - Door toediening van antiresus aan de moeder onmiddellijk na de geboorte wordt de vorming van antiresus door de moeder tegengegaan.
- Resuspositieve moeder die zwanger is van een resusnegatief kind:
 - Er zijn geen problemen doordat het kind tijdens de eerste maanden nog geen antistoffen kan maken.

COMPETENTIES/VAARDIGHEDEN

Je hebt in een of meer contexten:

- geoefend in het toepassen van de fasen van natuurwetenschappelijk onderzoek;
- geoefend in het werken met informatiebronnen;
- geoefend in het leggen van verbanden op basis van tabel- en grafiekgegevens.

Over de volgende competenties/vaardigheden zijn geen vragen opgenomen in de diagnostische toets.

Je hebt in een of meer contexten:

- geoefend in het geven van een beargumenteerd oordeel over een situatie waarin natuurwetenschappelijke kennis een belangrijke rol speelt;
- geoefend in het presenteren van een onderzoek.

Diagnostische toets

DOELSTELLING 1

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Bij het begin van de zomer heeft Frank te lang in de zon gezeten. De huid van zijn armen is rood geworden. Na een paar dagen zijn er losse 'velletjes' op zijn armen te zien.
Tot welk deel van de huid behoren die velletjes?
- 2 Iemand heeft snel last van vet haar.
Welke stof wordt bij deze persoon veel geproduceerd door de hoofdhuid?
- 3 Een teek haalt zijn voedsel uit het bloed van vogels en zoogdieren. Ook bij een mens kan een teek zich in de huid vastbijten en dan voedingsstoffen opzuigen uit het bloed (zie afbeelding 69).
Uit welke huidlaag zuigt een teek deze voedingsstoffen op?

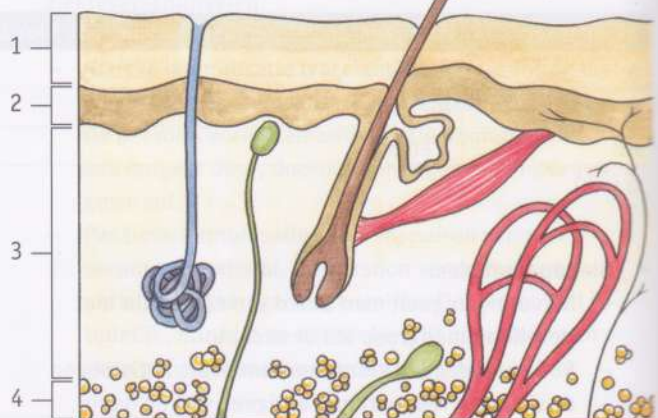
▼ Afb. 69



In afbeelding 70 is een doorsnede van de huid en het onderhuidse bindweefsel schematisch getekend.

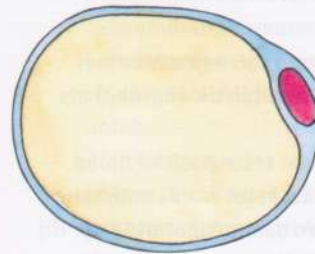
- 4 Met welk nummer is de laag aangegeven die bescherming biedt tegen uitdroging?
- 5 Bij zonnebaden wordt als bescherming tegen uv-straling door pigmentvormende cellen het donkere pigment melanine afgezet. Wanneer de huid niet meer aan de zon wordt blootgesteld, verdwijnt dit pigment geleidelijk weer.
In welke van de genummerde lagen bevinden zich deze pigmentvormende cellen?

▼ Afb. 70



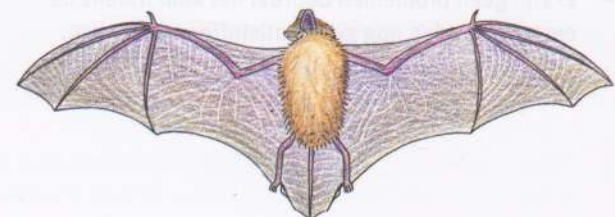
- 6 In afbeelding 71 is een vetcel getekend.
In welke van de genummerde lagen van afbeelding 70 bevinden vetcellen zich vooral?
- 7 In welke van de genummerde lagen vinden de meeste celdelingen plaats?

▼ Afb. 71



- 8 Vleermuizen zijn zoogdieren die kunnen vliegen met behulp van een vlieghuid die is gespannen tussen de ledematen en de staart (zie afbeelding 72). De vlieghuid is vrijwel kaal, elastisch en sterk doorbloed. In de vlieghuid komt nauwelijks vet voor. Eventuele verwondingen genezen snel. In de huid van een vleermuis kun je weefsellagen terugvinden die ook in de huid van de mens voorkomen.
Welke van deze weefsellagen uit de huid van de mens is (zijn) waarschijnlijk ook in de vlieghuid van de vleermuis aanwezig?

▼ Afb. 72



DOELSTELLING 2

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- Een proefpersoon bevindt zich in een ruimte waarin de temperatuur daalt van 20 °C naar 5 °C. Zij trekt geen extra kleren aan.
 Neemt de warmteafgifte van deze persoon toe of af? En de warmteproductie?

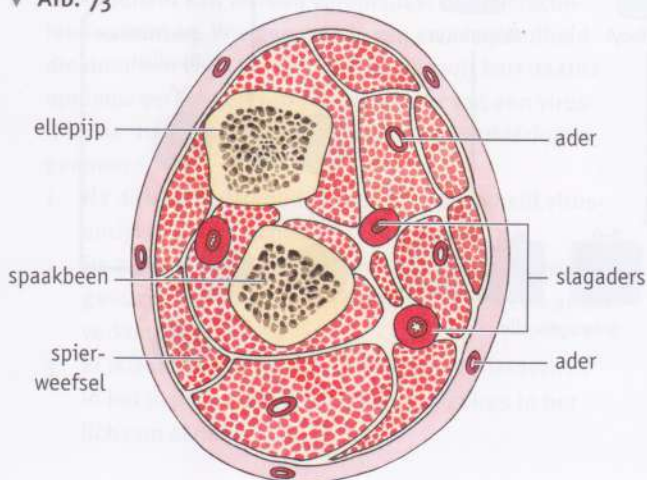
 - Zowel de warmteafgifte als de warmteproductie nemen toe.
 - De warmteafgifte neemt toe en de warmteproductie neemt af.
 - De warmteafgifte neemt af en de warmteproductie neemt toe.
 - Zowel de warmteafgifte als de warmteproductie nemen af.
- In afbeelding 73 is een dwarsdoorsnede van een onderarm van een mens schematisch getekend. Afhankelijk van de omstandigheden stroomt er per minuut meer of minder bloed door de oppervlakkig gelegen aders dan door de dieper gelegen aders. De hoeveelheid bloed die door de oppervlakkig gelegen aders stroomt, wordt in de volgende situaties bepaald:

 - bij een hoge omgevingstemperatuur en tijdens inspanning;
 - bij een hoge omgevingstemperatuur en tijdens rust;
 - bij een lage omgevingstemperatuur en tijdens inspanning;
 - bij een lage omgevingstemperatuur en tijdens rust.

In een van deze situaties stroomt er meer bloed door de oppervlakkig gelegen aders dan in de andere situaties. In welke situatie is dit het geval?

 - In situatie 1.
 - In situatie 2.
 - In situatie 3.
 - In situatie 4.

▼ Afb. 73



- In een tropisch regenwoud en in een woestijn kan de milieutemperatuur hoger worden dan de lichaamstemperatuur van de mens. In een tropisch regenwoud is de lucht erg vochtig, in een woestijn juist erg droog. In welke van de genoemde situaties kan een mens het beste zijn lichaamstemperatuur handhaven, gesteld dat hij zich in beide gevallen in de schaduw bevindt? Wat is de verklaring hiervoor?

 - In een tropisch regenwoud, doordat daar minder zweet verdampt dan in een woestijn.
 - In een tropisch regenwoud, doordat daar minder zweet wordt geproduceerd dan in een woestijn.
 - In een woestijn, doordat daar meer zweet verdampt dan in een tropisch regenwoud.
 - In een woestijn, doordat daar minder zweet wordt geproduceerd dan in een tropisch regenwoud.
- In het diagram van afbeelding 74 geeft de rode lijn een vereenvoudigde voorstelling van het temperatuurverloop bij iemand die ongeveer twee dagen koorts heeft. De groene lijn geeft de normwaarde aan waarop het temperatuurcentrum in zijn hypothalamus gedurende die tijd is ingesteld.

Over deze persoon worden drie uitspraken gedaan.

 - Op de eerste dag om 18.00 uur zag de huid van deze persoon er zeer bleek uit.
 - Op de tweede dag om 13.00 uur transpireerde deze persoon sterk.
 - Op de tweede dag om 24.00 uur rilde deze persoon hevig en had hij kippenvel.

Welke van deze uitspraken is (zijn) juist?

 - Alleen uitspraak 1.
 - Alleen de uitspraken 1 en 2.
 - Alleen de uitspraken 2 en 3.
 - De uitspraken 1, 2 en 3.

▼ Afb. 74



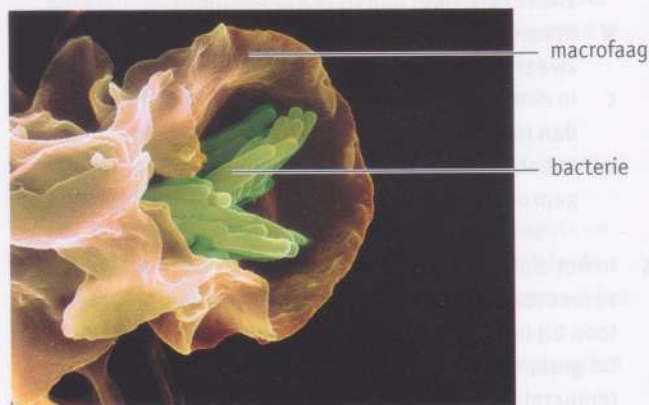
Legenda:
 — ingestelde lichaamstemperatuur
 — werkelijke lichaamstemperatuur

DOELSTELLING 3

Noteer of de volgende beweringen juist zijn of onjuist.

- 1 Koorts is een voorbeeld van aspecifieke afweer.
- 2 In de maag vindt zowel chemische als mechanische afweer plaats.
- 3 Fagocytose door granulocyten is een voorbeeld van specifieke afweer.

▼ Afb. 75 Elektronenmicroscopische foto.



- 4 In afbeelding 75 is fagocytose weergegeven.
- 5 Door de verhoogde lichaamstemperatuur bij koorts worden de afweerreacties van het lichaam vertraagd.
- 6 Macrofagen kunnen door de wand van bloedvaten heen.
- 7 Hepatitis C (zie afbeelding 76) is te bestrijden met antibiotica.

▼ Afb. 76

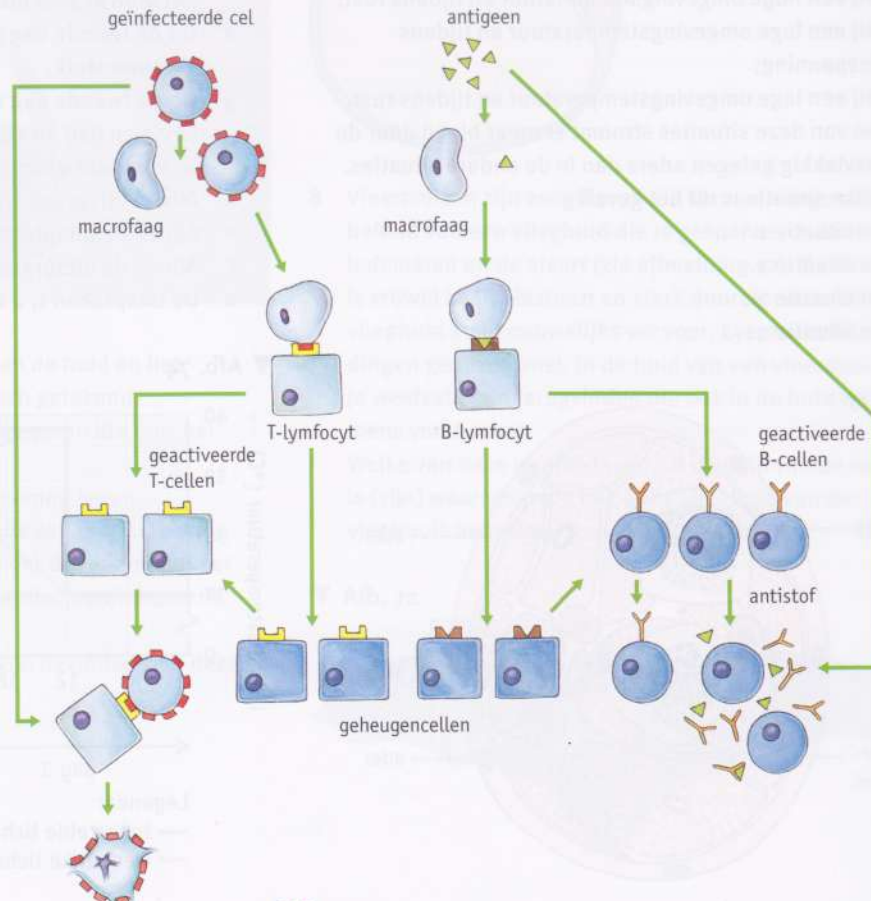
Hepatitis C

Sommige verslaafden injecteren de drugs met een injectie-naald. Van hen is 80% besmet met hepatitis C. Bij vrijwel al de besmette personen veroorzaakt het virus een chronische leverontsteking. Patiënten kunnen uiteindelijk leverkanker of levercirrose oplopen. Het virus verspreidt zich via bloed, sperma en vaginaal vocht. De risicogroepen zijn dezelfde als bij hiv, het virus dat aids veroorzaakt.

DOELSTELLING 4

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen. Hierbij kun je gebruikmaken van de informatie in afbeelding 77.

► Afb. 77 Het immuunsysteem (schematisch).



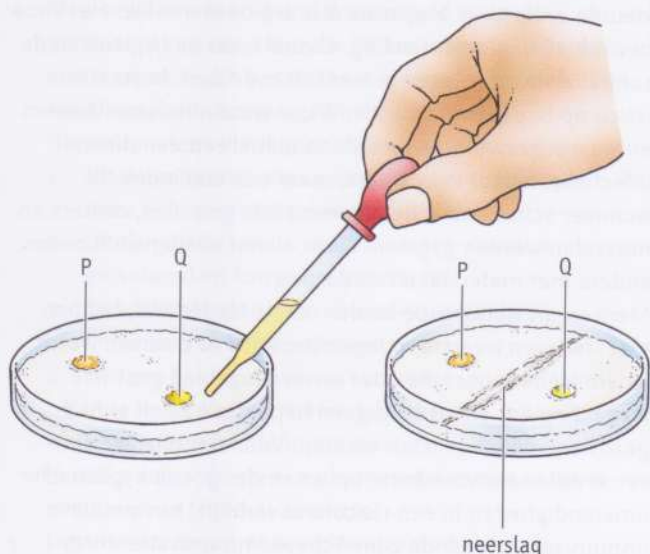
- 1 Een arts wil laten onderzoeken of er antistoffen tegen hepatitis C in het bloedserum van een patiënt aanwezig zijn. Een laborant gebruikt bij dit onderzoek een petrischaal met een agarbodem (zie afbeelding 78.1). Zij brengt bloedserum van die patiënt in een kuiltje (Q) in de agarbodem. In een ander kuiltje (P) in deze agarbodem zijn al bepaalde stoffen aanwezig.

De stoffen in de kuiltjes verspreiden zich door de agar en reageren met elkaar. Op de plaats van de reactie ontstaat een neerslag (zie afbeelding 78.2).

Welke stoffen bevonden zich in kuiltje P?

- A Antigenen van het virus.
- B Antigenen van een mens.
- C Antistoffen van het virus.
- D Antistoffen van een mens.

▼ Afb. 78



1

2

- 2 Verkoudheid kan worden veroorzaakt door verschillende virussen. Wie genezen is van een verkoudheid die door een virus is veroorzaakt, kan vrij kort daarna opnieuw verkouden worden als gevolg van een virusinfectie. Hiervoor worden verschillende verklaringen geopperd.

- 1 Na de eerste verkoudheid is de hoeveelheid virusantigeen in het lichaam toegenomen.
- 2 De antistof die tegen het ene verkoudheidsvirus is gevormd, biedt geen bescherming tegen een ander verkoudheidsvirus.
- 3 Er is alleen antistof tegen een verkoudheidsvirus in het lichaam aanwezig, zolang dat virus in het lichaam actief is.

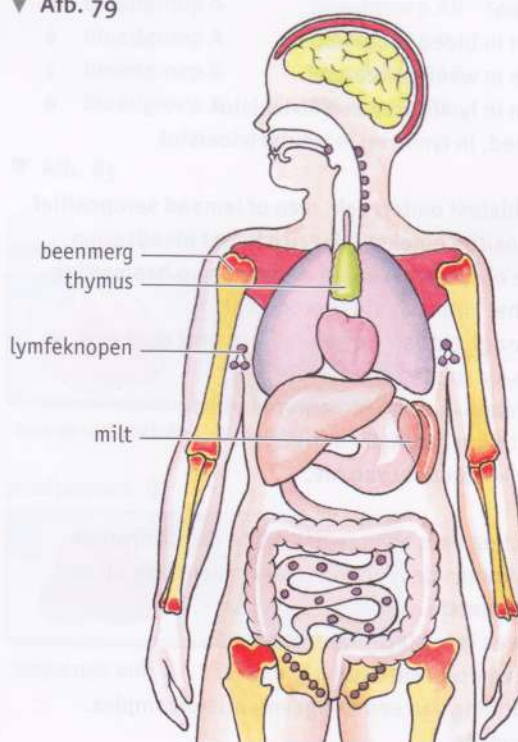
Welke van deze verklaringen is (zijn) juist?

- A Alleen verklaring 2.
 - B Alleen de verklaringen 1 en 2.
 - C Alleen de verklaringen 2 en 3.
 - D De verklaringen 1, 2 en 3.
- 3 Bij specifieke afweer zijn onder andere B-lymfocyten, geactiveerde B-cellen en T-lymfocyten betrokken. Welke van deze cellen zijn betrokken bij cellulaire afweer?
- A Alleen B-lymfocyten en plasmacellen.
 - B Alleen T-lymfocyten.
 - C Alleen geactiveerde B-cellen en T-lymfocyten.
 - D B-lymfocyten, geactiveerde B-cellen en T-lymfocyten.
- 4 In afbeelding 79 zijn enkele organen van de mens schematisch getekend. In welk van deze organen ontstaan de stamcellen waaruit zich T-lymfocyten ontwikkelen? En in welk van deze organen vindt de ontwikkeling van T-lymfocyten plaats?

De stamcellen ontstaan in *De T-lymfocyten ontwikkelen zich in*

- | | |
|-----------------|-----------------|
| A het beenmerg. | het beenmerg. |
| B het beenmerg. | de thymus. |
| C de milt. | de lymfeknopen. |
| D de milt. | de thymus. |

▼ Afb. 79

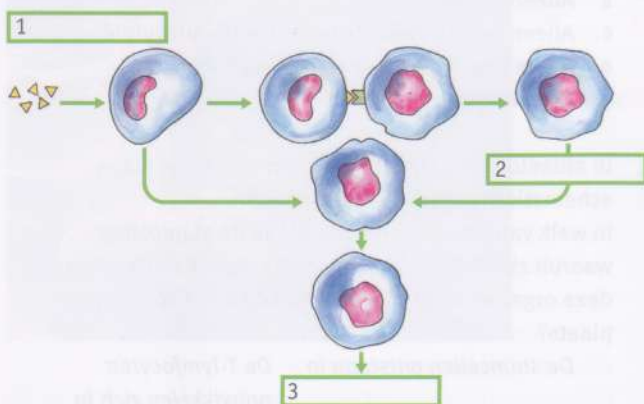


5 In afbeelding 80 is de humorale afweer schematisch weergegeven.

Wat moet worden ingevuld op de genummerde plaatsen?

	Plaats 1	Plaats 2	Plaats 3
A	antigeen	antistof	cytokinen
B	antigeen	cytokinen	antistof
C	antistof	antigeen	cytokinen
D	cytokinen	antigeen	antistof

▼ Afb. 80



6 In het lichaam van de mens zijn onder andere drie typen vocht te onderscheiden: bloedplasma, lymfe en weefselvloeistof.

In welk(e) van deze drie typen vocht kunnen antistoffen voorkomen?

- A Alleen in bloed.
- B Alleen in weefselvloeistof.
- C Alleen in lymfe en weefselvloeistof.
- D In bloed, in lymfe en in weefselvloeistof.

7 Bij een aidstest onderzoekt men of iemand seropositief is. Seropositief betekent dat zich in het bloedserum bepaalde eiwitten bevinden die wijzen op besmetting met hiv, het virus dat aids veroorzaakt.

De aanwezigheid van welke stoffen wordt door een positieve aidstest vastgesteld?

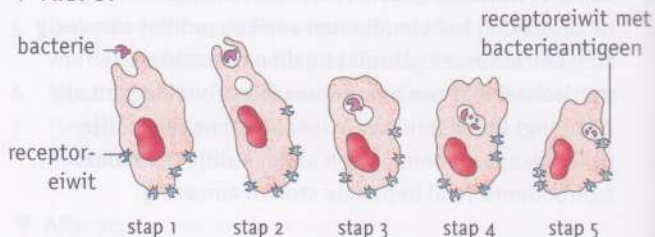
- A Antigenen in de eiwitmantel van hiv.
- B Antistoffen tegen hiv-antigenen.
- C Erfelijk materiaal van hiv.

8 In afbeelding 81 is weergegeven hoe de schrijver en bioloog Vroman de reactie van een macrofaag op een bacterie schetste.

Welk proces is in stap 5 weergegeven?

- A Antigeen-presentatie.
- B De vorming van een antigeen-antistofcomplex.
- C Fagocytose.

▼ Afb. 81



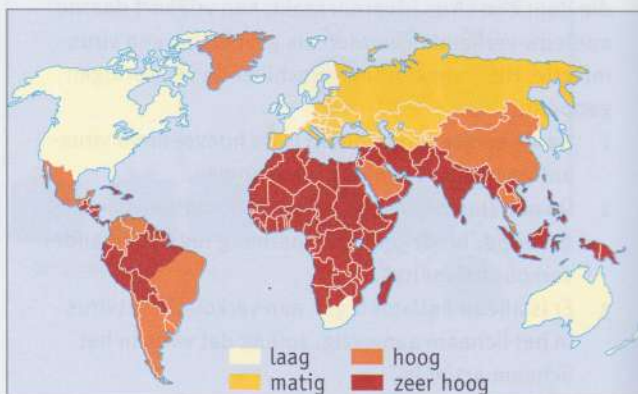
DOELSTELLING 5

HEPATITIS A

Hepatitis A is een infectieziekte van de lever, veroorzaakt door het hepatitis-A-virus. Opvallende symptomen van hepatitis A zijn onder andere: koorts, hoofdpijn, vermoeidheid en diarree, gevolgd door donkere urine en lichtgekleurde ontlasting. Hepatitis A is erg besmettelijk. Het virus bevindt zich in de ontlasting. Overal waar de hygiëne en de sanitaire voorzieningen te wensen overlaten, bestaat een risico op hepatitis-A-infectie. Water waarin riolen uitkomen en waarin gezwommen wordt, is niet alleen een directe infectiebron voor zwemmers, maar ook een indirecte wanneer schaal- en schelpdieren zoals garnalen, oesters en mosselen worden gegeten. Deze dieren voeden zich onder andere met materiaal uit ontlasting.

Mensen uit welvarende landen, zoals Nederland, hebben meestal geen weerstand tegen hepatitis A. Daarom wordt iedere Nederlander die naar een risicogebied gaat (zie afbeelding 82) en als kind geen hepatitis A heeft gehad, geadviseerd zich te laten inenten. Voor een reiziger die een enkele keer voor korte tijd en onder goede hygiënische omstandigheden in een risicoland verblijft, kan passieve immunisatie afdoende zijn. Actieve immunisatie wordt geadviseerd aan degenen die geregeld of langdurig reizen naar risicolanden.

▼ Afb. 82 Risicogebieden van hepatitis A in de wereld.



Beantwoord de volgende vragen. Gebruik hierbij de context 'Hepatitis A'.

- Er wordt een onderscheid gemaakt tussen vaccins en geneesmiddelen.
Wat is, gelet op de taak van deze middelen in het lichaam van de mens, het verschil tussen vaccins en geneesmiddelen?
- Worden bij het tot stand komen van actieve immunisatie geheugencellen gevormd? En bij passieve immunisatie?
- Van een aantal infectieziekten kan het volgende worden gesteld:
 - De ziekteverwekker komt veelvuldig voor.
 - De ziekteverwekker wekt de productie van antistof op.
 - Een verworven immuniteit blijft meestal levenslang bestaan.

Welke van deze stellingen gelden, indien een infectieziekte een typische kinderziekte is?

- Men heeft een zeer kleine hoeveelheid virussen geïsoleerd van een soort die bij koeien een bepaalde ziekte verwekt. De beschikbare virussen worden in enkele gezonde koeien geïnjecteerd.
Hieronder staan vier handelingen vermeld.
 - Uit de geïnfecteerde koeien wordt antistof tegen deze virussoort geïsoleerd.
 - Uit de geïnfecteerde koeien worden virussen geïsoleerd en kunstmatig verzwakt.
 - De antistof tegen deze virussoort wordt in te immuniseren koeien geïnjecteerd.
 - Een geringe dosis van de verzwakte virussen wordt in te immuniseren koeien geïnjecteerd.

Welke van deze handelingen moet men uitvoeren en in welke volgorde om een groot aantal koeien actief te immuniseren tegen deze ziekte?

- Leg uit waardoor mensen uit welvarende landen meestal geen weerstand hebben tegen hepatitis A.
- Waarom is passieve immunisatie niet geschikt voor reizigers die vaak of langdurig verblijven in risicoland?

DOELSTELLING 6

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- Speelt bij een levertransplantatie het HLA-systeem van de donor een rol? En speelt het HLA-systeem van de acceptor een rol?
 - Alleen het HLA-systeem van de donor speelt een rol.
 - Alleen het HLA-systeem van de acceptor speelt een rol.
 - Zowel het HLA-systeem van de donor als het HLA-systeem van de acceptor speelt een rol.

- Vier voorbeelden van een orgaan- of weefseltransplantatie zijn:
 - transplantatie van het hart van een niet-verwante donor met bloedgroep A naar een acceptor met bloedgroep A;
 - transplantatie van een nier afkomstig van een eenzijdige tweelingbroer van de acceptor;
 - transplantatie van een nier afkomstig van een nicht van de acceptor;
 - transplantatie van een stuk huid van een been op het gezicht van de acceptor.

- transplantatie van het hart van een niet-verwante donor met bloedgroep A naar een acceptor met bloedgroep A;
- transplantatie van een nier afkomstig van een eenzijdige tweelingbroer van de acceptor;
- transplantatie van een nier afkomstig van een nicht van de acceptor;
- transplantatie van een stuk huid van een been op het gezicht van de acceptor.

Bij welke van deze transplantaties is de kans op afstotingsreacties in de regel het kleinst?

- Bij de transplantaties 1 en 2.
- Bij de transplantaties 2 en 3.
- Bij de transplantaties 2 en 4.
- Bij de transplantaties 3 en 4.

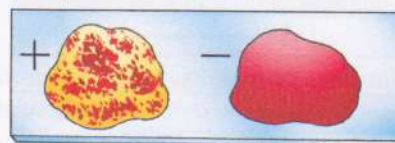
- Bij twee personen wordt een bloedgroepbepaling gedaan. Hierbij worden van elke persoon twee druppels bloed op een voorwerpglas gebracht. Aan de ene bloeddruppel wordt een druppel testserum met anti-A toegevoegd; aan de andere bloeddruppel een druppel testserum met anti-B. Hierna wordt er gekeken of er samenklontering optreedt. De resultaten zijn weergegeven in afbeelding 83.

Welke bloedgroep hebben persoon P en persoon Q naar alle waarschijnlijkheid?

	Persoon P	Persoon Q
A	bloedgroep A	bloedgroep AB
B	bloedgroep A	bloedgroep O
C	bloedgroep B	bloedgroep AB
D	bloedgroep B	bloedgroep O

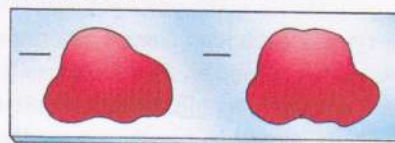
▼ Afb. 83

proefpersoon P



testserum anti-A testserum anti-B

proefpersoon Q



testserum anti-A testserum anti-B

Legenda:
+ = samenklontering
- = geen samenklontering

4 In geval van nood is het mogelijk iemand zonder gevaar een bloedtransfusie te geven met een kleine hoeveelheid bloed van een andere bloedgroep van het ABO-systeem dan de ontvanger van de transfusie heeft. De volgende vier transfusiecombinaties worden genoemd:

- 1 Iemand met bloedgroep A krijgt een transfusie met bloed van bloedgroep AB.
- 2 Iemand met bloedgroep B krijgt een transfusie met bloed van bloedgroep O.
- 3 Iemand met bloedgroep AB krijgt een transfusie met bloed van bloedgroep A.
- 4 Iemand met bloedgroep O krijgt een transfusie met bloed van bloedgroep AB.

Welke van deze transfusiecombinaties zijn zonder gevaar voor de ontvanger mogelijk met een kleine hoeveelheid bloed?

- A Alleen de combinaties 1 en 4.
 - B Alleen de combinaties 2 en 3.
 - C Alleen de combinaties 2, 3 en 4.
 - D De combinaties 1, 2, 3 en 4.
- 5 Een onderzoeker stelt de ABO-bloedgroep en de resusbloedgroep van een persoon R vast door bloedplasma van R te mengen met rode bloedcellen van een aantal donoren. De resultaten van deze menging zijn in tabel 3 weergegeven.

Wat kunnen op grond van dit onderzoek de bloedgroepen van persoon R zijn?

- A Alleen A Rh-.
- B Alleen A Rh- of A Rh+.
- C Alleen O Rh- of O Rh+.
- D A Rh-, A Rh+, O Rh- of O Rh+.

▼ Tabel 3

Rode bloedcellen afkomstig van donoren met bloedgroep	Reactie met bloedplasma van persoon R
O Rh-	geen
O Rh+	geen
A Rh-	geen
A Rh+	geen
AB Rh-	klontering
AB Rh+	klontering



6 Een vrouw heeft bloedgroep O en is resusnegatief. Zij is zwanger van een man met bloedgroep AB die resuspositief is. De man heeft nog nooit een bloedtransfusie gehad. Er wordt een zontje geboren dat de verschijnselen vertoont van een resuskindje. Het zontje blijkt bloedgroep A te hebben.

Welke antistof(fen) zal men in het bloed van de moeder en de vader aantreffen?

Moeder	Vader
A alleen anti-A en anti-B	geen antistof
B anti-A, anti-B en anti-resus	geen antistof
C geen antistof	alleen anti-A en anti-B
D geen antistof	anti-A, anti-B en anti-resus

Controleer met het uitwerkingenboek of je de diagnostische-toetsvragen goed hebt gemaakt.

- Heb je geen fouten gemaakt? Begin dan aan de eindopdracht en de verrijkingsstof.
- Heb je fouten gemaakt bij een of meer doelstellingen? Bestudeer dan nog eens de theorie. Ga na wat je precies fout hebt gedaan. Begin daarna aan de eindopdracht en de verrijkingsstof.

Eindopdracht

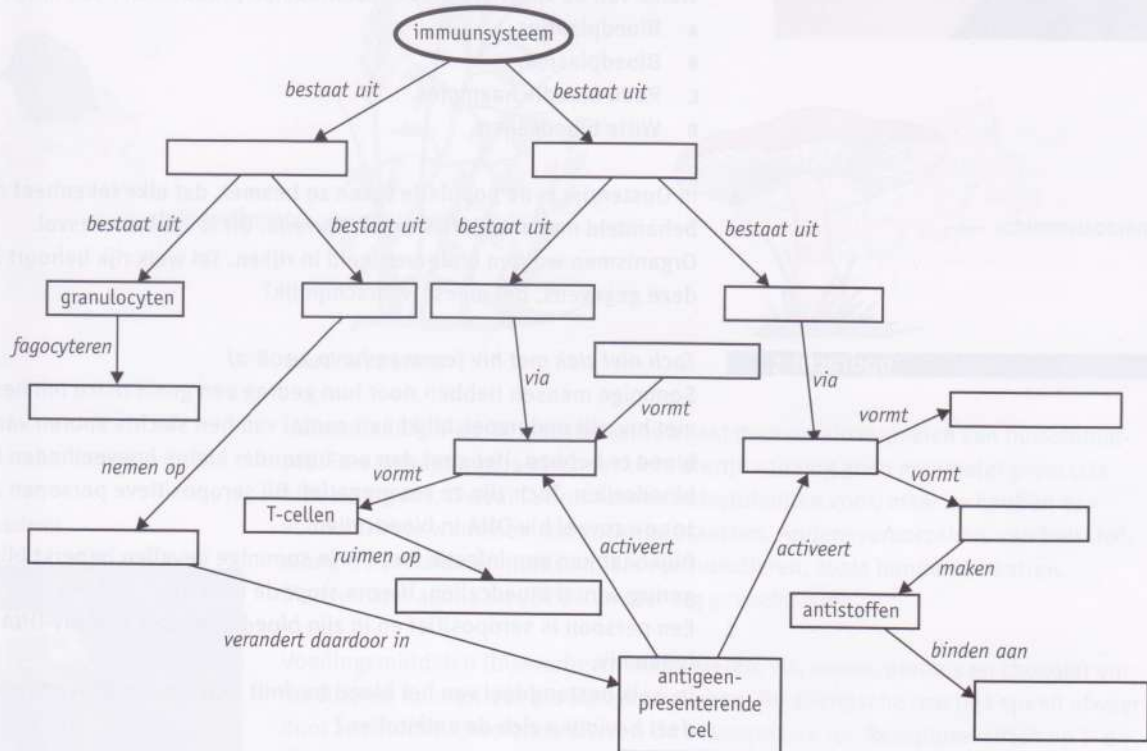
De eindopdracht geeft een overzicht over het thema en bevat (examen)opgaven over leerstof uit dit thema en voorgaande thema's. Met de eindopdrachten kun je je voorbereiden op de eindtoets en je eindexamen.

opdracht 1

Je gaat twee conceptmappen maken.

- 1 Maak een conceptmap van basisstof 2 door de conceptmap uit afbeelding 84 over te nemen en de volgende begrippen in te vullen: *aspecifieke afweer* – *B-cellen* – *B-geheugencellen* – *B-lymfocyten* – *cellulaire afweer* – *geïnfekteerde cellen* – *humorale afweer* – *lichaamsvreemde antigenen* – *macrofagen* – *specifieke afweer* – *T-cellen* – *T-geheugencellen* – *T-lymfocyten* – *ziekteverwekkers*.

▼ Afb. 84



- 2 Maak een tweede conceptmap met begrippen uit basisstof 3. Gebruik hiervoor minimaal de volgende begrippen: *actieve immunisatie* – *antigenen* – *antistof-geheugencellen* – *immunisatie* – *immuniteit* – *natuurlijke immuniteit* – *passieve immunisatie* – *verzwakte ziekteverwekkers*.

opdracht 2

De ziekte van Lyme (examen havo 2007-2)

De ziekte van Lyme wordt veroorzaakt door de ziekteverwekker *Borrelia burgdorferi*. Deze ziekte wordt verspreid door de beet van teken, kleine spinachtige diertjes, die met de ziekteverwekker zijn geïnfecteerd. Teken zuigen bloed en komen in de natuur voor op zoogdieren en vogels. Als de teken volgezogen zijn, laten ze los, vallen naar beneden en klimmen weer langs plantenstengels en takken omhoog.

- ▼ **Afb. 85** Rode kring rond de plek van de tekenbeet wijst op ziekte van Lyme.



Onderzoekers stelden in 1996 vast dat ongeveer een kwart van de Nederlandse teken is besmet met *Borrelia*. Het aantal mensen dat bij een tekenbeet de ziekte van Lyme krijgt, bleek echter minder dan 25%.

- 1 Geef hiervoor een mogelijke verklaring.

Uit een enquête onder huisartsen bleek dat in 1994 33 000 mensen hun huisarts bezochten vanwege een tekenbeet. Daarvan hadden er 6500 de rode plek die kenmerkend is voor de eerste fase van de ziekte van Lyme (zie afbeelding 85).

- 2 Bereken de kans op infectie bij een tekenbeet volgens deze enquête, afgerond op een heel procent.

- 3 Volgens een onderzoeker is ongeveer 8% van de Nederlanders ooit besmet geraakt met *Borrelia*. Dit blijkt uit bloedtesten, waarbij antistoffen tegen *Borrelia* zijn aangetoond.

Welke van de volgende bloedbestanddelen produceren deze antistoffen?

- A Bloedplaatjes.
B Bloedplasma.
C Rode bloedlichaampjes.
D Witte bloedcellen.
- 4 In Oostenrijk is de populatie teken zo besmet, dat elke tekenbeet direct wordt behandeld met antibiotica tegen *Borrelia*. Dit is vaak succesvol. Organismen worden onderverdeeld in rijken. Tot welk rijk behoort *Borrelia*, gezien deze gegevens, het meest waarschijnlijk?

opdracht 3

Toch niet ziek met hiv (examen havo 2008-2)

Sommige mensen hebben door hun gedrag een groot risico om besmet te worden met hiv. Uit onderzoek blijkt een aantal van hen slechts sporen van hiv in het bloed te hebben. Het gaat dan om bijzonder kleine hoeveelheden hiv-DNA in bloedcellen. Toch zijn ze seronegatief. Bij seropositieve personen zit er minstens 1000× zoveel hiv-DNA in bloedcellen.

Blijkbaar kan een infectie met hiv in sommige gevallen beperkt blijven tot een gering aantal bloedcellen. Hierna stopt de infectie.

- 1 Een persoon is seropositief en in zijn bloed bevinden zich hiv-DNA en antistoffen tegen hiv.

In welk bestanddeel van het bloed bevindt zich het hiv-DNA en in welk bestanddeel bevinden zich de antistoffen?

	Hiv-DNA	Antistoffen
A	rode bloedcellen	bloedplasma
B	witte bloedcellen	bloedplasma
C	rode bloedcellen	witte bloedcellen
D	witte bloedcellen	rode bloedcellen

Veel virussen maken wel ziek, maar worden op den duur door het lichaam met succes bestreden. Het organisme is daarna in de meeste gevallen immuun voor het virus.

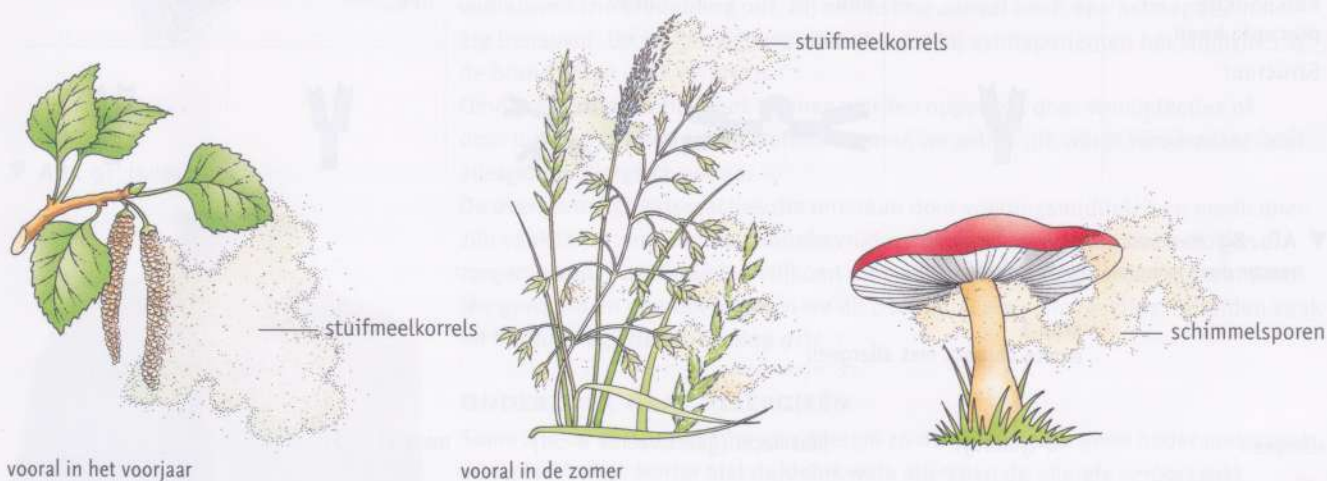
- 2 Beschrijf op welke wijze een besmetting met deze virussen leidt tot immuniteit.

1 Allergie

Veel mensen hebben elk voorjaar last van hooikoorts. Hooikoorts is een vorm van allergie. Bij een allergie ben je overgevoelig voor een of meer stoffen, waar anderen geen last van hebben. Als je deze stoffen inademt of binnenkrijgt met je voedsel, vertoon je allergische reacties.

Stoffen die een allergie veroorzaken, noemen we allergenen. Bij hooikoorts wordt de allergie veroorzaakt door in de lucht zwevende stuifmeelkorrels van bomen, grassen of struiken. Ook schimmelsporen kunnen klachten veroorzaken (zie afbeelding 86).

▼ Afb. 86 Veroorzakers van hooikoorts.



▼ Afb. 87 Huisstofmijt.








Huisstofallergie wordt meestal veroorzaakt door de uitwerpselen van huisstofmijten. Een huisstofmijt is een heel klein diertje van nog geen millimeter groot (zie afbeelding 87). Overal in huis komen huisstofmijten voor, maar ze hebben een voorkeur voor warme en wat vochtige plaatsen. Andere veroorzakers van huisstofallergie zijn haren en huidschilfers van huisdieren, zoals honden en katten. Mensen met astma en COPD zijn hier erg gevoelig voor.

Voedingsmiddelen (bijvoorbeeld melk, eieren, vis, noten, pinda's en chocola) en medicijnen kunnen ook als allergenen werken. Bij allergische reacties speelt afweer door antistoffen (humorale afweer) de belangrijkste rol. Receptoreiwitten op T- en B-lymfocyten herkennen delen van de allergenen als lichaamsvreemde antigenen. B-lymfocyten ontwikkelen zich tot plasmacellen (geactiveerde B-cellen). De plasmacellen produceren vervolgens antistoffen tegen het allergeen. Veel allergische reacties worden veroorzaakt door antistoffen van het type IgE (zie afbeelding 88). Antistoffen van het type IgE kunnen binden aan een bepaald type witte bloedcellen, de mestcellen (zie afbeelding 89). Mestcellen komen in veel weefsels voor, maar vooral in de slijmvliezen van de luchtwegen.

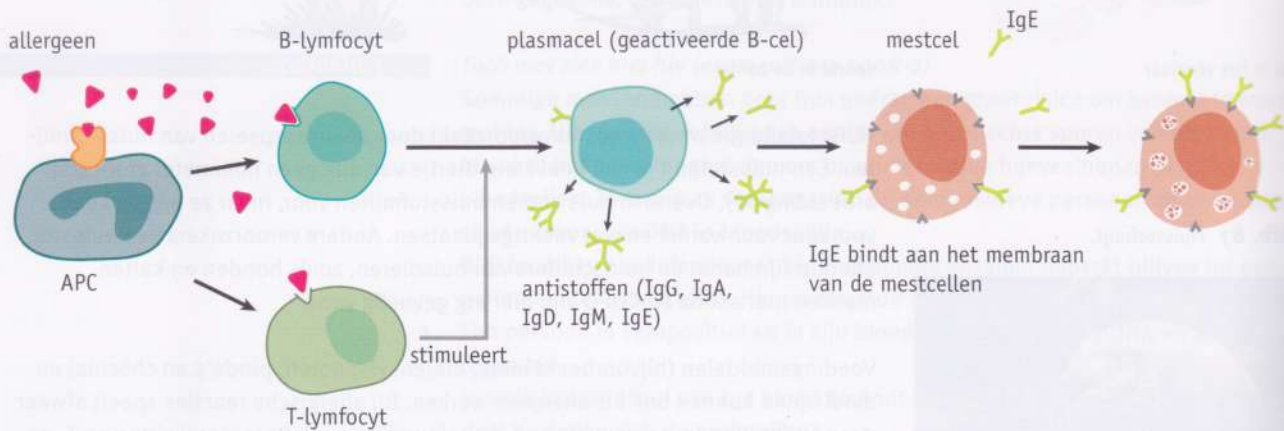
Als een allergeen voor het eerst het lichaam binnenkomt, worden via antigeen-presenterende cellen specifieke B-cellen aangezet tot de productie van specifieke IgE-antistof. Dit bindt aan mestcellen. Wanneer de mestcellen opnieuw in aanraking komen met het allergeen, bindt het allergeen met de IgE-antistof op de mestcellen. Hierdoor geven de mestcellen allerlei stoffen af, waaronder histamine.

▼ **Afb. 88** Enkele eigenschappen van de hoofdgroepen antistoffen of immunoglobulinen (Ig).

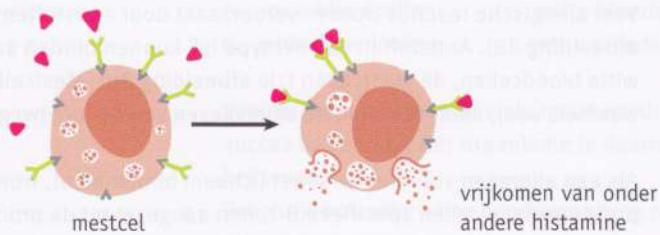
	IgG	IgA	IgM	IgD	IgE
Molecuulgewicht	150 000	385 000	900 000	185 000	200 000
% van de totale hoeveelheid antistoffen	80	13	6	1	0,05
Komen voor	in alle lichaamsvloeistoffen	in slijm en andere afscheidingsproducten	in lichaamsvloeistoffen, bevordert klontering	aan het oppervlak van lymfocyten	in slijmvliezen en aan het oppervlak van bepaalde witte bloedcellen
Kan door de placenta heen	ja	nee	nee	nee	nee
Structuur					

▼ **Afb. 89** Het ontstaan van een allergische reactie door humorale afweer (schematisch).

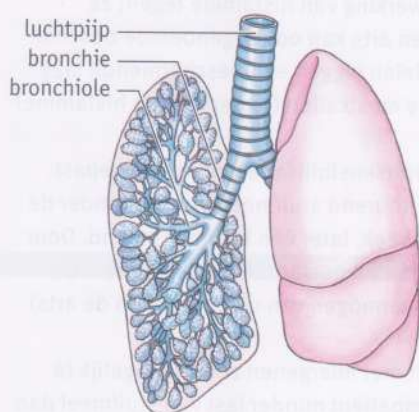
stap 1
eerste contact met allergeen



stap 2
tweede contact met allergeen



▼ Afb. 90



Histamine veroorzaakt onder andere verwijding van de poriën in haarvaten waardoor er meer weefselvloeistof wordt gevormd. Hierdoor zwellen de slijmvliezen op. Histamine veroorzaakt ook ontstekingsreacties. Het gevolg zijn vooral neus- en oogklachten. Bij mensen met hooikoorts raakt de neus verstopt door gezwollen neusslijmvlies en ontstaat er een branderig en jeukend gevoel in de slijmvliezen, waardoor ze vaak onbedwingbare niesbuien krijgen. Ze krijgen ook rode, jeukende en tranende ogen. Vergelijkbare reacties komen voor bij andere allergieën zoals huisstofallergie.

Histamine heeft ook invloed op de samentrekking van spierweefsel. Hierdoor leiden allergenen vaak tot astma-aanvallen. In thema 6 Gaswisseling en uitscheiding is behandeld dat een astma-aanval wordt veroorzaakt doordat het spierweefsel in de wand van de bronchiolen zich sterk samentrekt, waardoor deze zich vernauwen (zie afbeelding 90). Bij een astma-aanval heeft een astmapatiënt het erg benauwd. Dit wordt nog versterkt doordat bij astmapatiënten het slijmvlies in de bronchiolen vaak verdikt is.

Omdat astma-aanvallen ook kunnen worden opgewekt door virusinfecties of door luchtverontreinigende stoffen noemen we astma die wordt veroorzaakt door allergenen allergisch astma.

De overgevoeligheidsreacties die ontstaan door voedingsmiddelen en medicijnen zijn vaak te wijten aan 'histaminebevrijders' in deze producten. Deze stoffen zorgen ervoor dat histamine vrijkomt uit mestcellen. Hierbij worden geen antistoffen gevormd en daarom noemen we dit pseudo-allergische reacties. Ze leiden vaak tot huiduitslag (zie afbeelding 91).

▼ Afb. 91 Huiduitslag.



ONDERZOEK NAAR ALLERGIEËN

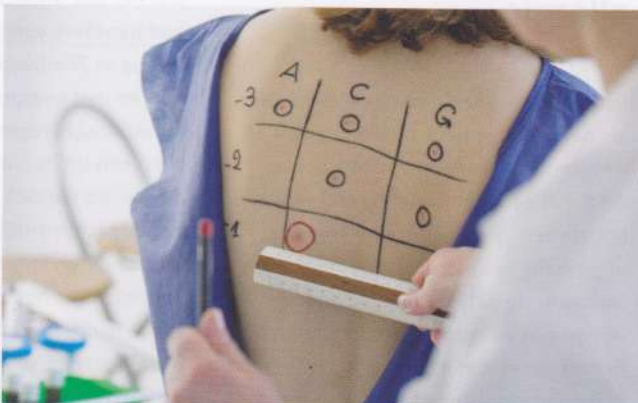
Soms zijn de symptomen bij een allergie zo duidelijk dat er geen nader onderzoek nodig is. Vaak is echter niet duidelijk welk allergeen de allergie veroorzaakt. Meestal wordt dan een huidtest gedaan (zie afbeelding 92).

Bij de huidtest worden verschillende allergenen in de huid gespoten of op de huid gedruppeld. In dat laatste geval wordt door de druppel allergeen heen een prikje in de huid gegeven. Bij allergie voor het allergeen zal na enige tijd een opzwellings op de prikplaats te zien zijn (zie afbeelding 93). Er bestaat ook de mogelijkheid om via bloedonderzoek een allergie vast te stellen.

▼ Afb. 92 Een huidtest.



▼ Afb. 93 Bij een allergische reactie ontstaat na het inspuiten van allergeen op de plaats van de inspuiting een opzwellings.



Allergieën kunnen worden bestreden met medicijnen. Vaak schrijft een arts anti-histaminica voor. Deze medicijnen gaan de werking van histamine tegen; ze voorkomen niet dat er histamine vrijkomt. Een arts kan ook zogenoemde beschermende medicijnen voorschrijven. Deze middelen leggen een beschermende laag om de mestcellen, waardoor de stoffen uit de mestcellen (onder andere histamine) niet vrijkomen.

Bij patiënten met ernstige hooikoorts kan hyposensibilisatie worden toegepast. Hierbij wordt gedurende drie tot vijf jaar voortdurend stuifmeelallergeen onder de huid geïnjecteerd. In het begin één keer per week, later één keer per maand. Door deze methode krijgt een patiënt meer weerstand tegen hooikoortsallergeen. De behandeling vereist echter veel doorzettingsvermogen van de patiënt (en de arts) en succes is niet altijd verzekerd.

Een allergiepatiënt kan ook proberen contact met allergenen zoveel mogelijk te vermijden. Binnenshuis heeft een hooikoortspatiënt minder last van stuifmeel dan buiten.

opdracht 1

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Voor welke stoffen ben je allergisch als je vooral in de zomer last hebt van hooikoorts? En voor welke stoffen als je vooral in de herfst last hebt?
- 2 Wat zijn allergenen?
- 3 Beschrijf in welke twee stappen histamine vrijkomt uit mestcellen.
- 4 Beschrijf op welke manier de verschijnselen bij hooikoorts ontstaan door histamine.
- 5 Beschrijf op welke manier histamine een astma-aanval kan veroorzaken.
- 6 Waarom worden de allergische reacties bij voedselallergie pseudo-allergische reacties genoemd?
- 7 Met het gebruik van beschermende medicijnen tegen hooikoorts moet worden begonnen voordat het hooikoortseizoen begint. Leg dat uit.
- 8 Geldt dit ook voor antihistaminica? Leg je antwoord uit.

opdracht 2

Beantwoord de volgende vragen met behulp van het krantenartikel van afbeelding 94.

Gebruik eventueel een woordenboek.

▼ Afb. 94

Mijtpoep helpt tegen allergie

Patiënten met een ernstige allergie, zoals overgevoeligheid voor een bijen- of wespensteek, kunnen worden behandeld met een 'gewenningskuur', waarbij het afweersysteem in kleine stapjes ongevoelig wordt gemaakt voor de stof waarvoor de patiënt allergisch is. Het volgen van zo'n zogenoemde desensibilisatiekuur is niet eenvoudig. Het vergt maanden tot soms een jaar van injecties onder de huid met opklimmende doses

van de allergene stof.

Dat het ook anders kan, laten Italiaanse onderzoekers van de universiteit van Genua in *The Lancet* zien. Tien patiënten met overgevoeligheid voor de huisstofmijt kregen een tablet met het allergeen uit de uitwerpselen van het diertje. Ze konden dit eenvoudig onder de tong laten smelten en doorslikken. Tien anderen kregen een placebo. De patiënten die het allergeen bevattende tablet hadden gekregen, bleken in het winterseizoen, als hun kwaal gewoonlijk op zijn ergst was, aanzienlijk minder last te hebben dan de patiënten die een

placebo hadden gekregen. En bij een test een jaar na de behandeling, waarbij het allergeen rechtstreeks in contact met het oog werd gebracht, vertoonden de behandelde patiënten beduidend minder tekenen van hoornvliesirritatie dan de onbehandelde patiënten. Volgens een commentaar van de Australische onderzoeker Patrick Holt in *The Lancet* toont het Italiaanse experiment aan dat de beïnvloeding van het afweersysteem langs orale weg, waarover onder wetenschappers scepsis bestaat, effect kan hebben.

- 1 Hoe wordt hyposensibilisatie in dit artikel genoemd?
- 2 Wat is een placebo?
- 3 In het artikel staat dat de kwaal van patiënten met huisstofmijtallergie in het winterseizoen gewoonlijk op zijn ergst is. Leg uit waarmee dat samenhangt.
- 4 Wat wordt bedoeld met 'langs orale weg'?
- 5 Wat wordt bedoeld met 'waarover onder wetenschappers scepsis bestaat'?
- 6 Maak een samenvatting van het artikel. Je samenvatting mag uit maximaal vijf kernachtige zinnen of delen van zinnen bestaan.

opdracht 3

Afbeelding 95 is een krantenartikel over het verband tussen mestcellen en multiple sclerose. Om dit artikel te kunnen begrijpen, moet je best wat van biologie af weten. Een vriend van je uit 5-havo (met een profiel zonder biologie) leest het artikel en zegt: 'Ik snap er niets van!' Hij vraagt jou om hulp.

- Formuleer vijf vragen die je vriend jou over het artikel zou kunnen stellen, zodat hij de tekst beter begrijpt.
- Geef een antwoord op deze vijf vragen. Formuleer de antwoorden zo, dat je vriend (zonder biologie) begrijpt wat je bedoelt.

▼ Afb. 95

Mestcellen betrokken bij MS

De histamineproducerende mestcel in de huid en de slijmvliezen van de luchtwegen, die een rol speelt bij aandoeningen als eczeem, hooikoorts en allergische astma, lijkt ook betrokken te zijn bij multiple sclerose (MS). Dat is een zogenoemde auto-immuunziekte waar bij de isolerende myelineschede rond de zenuwweefsels door het afweersysteem van het lichaam wordt vernietigd, met verlammingen als gevolg. Het verband wordt gesuggereerd door de patholoog

Melissa Brown en medewerkers van de Emory universiteit in Atlanta (VS) in een studie die is gepubliceerd in de *Journal of Experimental Medicine*. Uit proeven die ze deden met muizenstammen met en zonder mestcellen, bleek dat het bij muizen zónder mestcellen veel moeilijker is een bepaalde vorm van MS (experimentele allergische encefalitis) op te wekken dan bij muizen mét mestcellen. Brown en haar studenten kwamen op het idee de rol van de mestcellen bij MS te bestuderen vanuit de wetenschap dat deze cellen behalve histamine allerlei signaalstoffen produceren die de afweerreactie reguleren.

Bovendien wisten ze dat mestcellen niet alleen in de huid en de slijmvliezen zitten, maar ook in het centraal zenuwstelsel, en dat ze naast de signaalstoffen voor de afweerreactie ook nog enzymen produceren die eiwitten zoals myeline afbreken. Als ze bij de muizen zonder mestcellen de populatie mestcellen herstelden, waren deze proefdieren even vatbaar voor de experimentele vorm van MS als hun soortgenoten die van nature wel over mestcellen beschikken. Dat was doorslaggevend voor hun bewering dat de mestcellen ook betrokken zijn bij het ontstaan van MS.

WEB meer verrijkingstoffen vind je op ePack

- A**
- aanhangsel, wormvormig 39
 - aanvaardbare dagelijkse inname 27
 - ABo-systeem 191
 - acceptor 188
 - actief transport 38
 - actieve immunisatie 184
 - acute afstoting 190
 - additieven 20, 27
 - ademcentrum 123
 - ademvolume 121
 - ader, bovenste holle 62
 - ader, onderste holle 62
 - aders 69
 - ADI 27
 - adrenaline 67, 112
 - afstoting, acute 190
 - afstotingsreacties 188
 - afvalstoffen 81
 - afweer, aspecifieke 170
 - afweer, cellulaire 176
 - afweer, chemische 170
 - afweer, humorale 177
 - afweer, mechanische 170
 - afweer, specifieke 170, 175
 - alvleesklier 30, 31
 - alvleessap 31
 - aminozuren 10, 35, 127
 - aminozuren, essentiële 10
 - aminozuurmoleculen 10
 - amylase 32, 33
 - anemie 83
 - antibiotica 171
 - antigeen 175
 - antigeen-presenterende cel 176
 - antioxidanten 27
 - antiresus 193
 - antistoffen 176
 - anus 39
 - aorta 62
 - APC 176
 - appendix 39
 - aspecifieke afweer 170
 - astma 144
 - atherosclerose 75
- B**
- beenmerg, rode 170
 - beroerte 75
 - beschermende stoffen 81
 - B-geheugencellen 177
 - bijholten 112
- C**
- bindweefsel, onderhuidse 162
 - binnenste tussenribspieren 115
 - blindedarm 39
 - bloedarmoede 83
 - bloedcellen, rode 81, 83
 - bloedcellen, witte 81, 88
 - bloeddruk 75, 77, 79, 135
 - bloederziekte 87
 - bloedgroepen 191
 - bloeding, inwendige 75
 - bloedplaatjes 81, 86
 - bloedplasma 81
 - bloedserum 87
 - bloedsomloop 59
 - bloedsomloop, dubbele 60
 - bloedsomloop, enkelvoudige 60
 - bloedsomloop, grote 60
 - bloedsomloop, kleine 60
 - bloedstolling 86
 - bloedstremming 86
 - bloedvaten 59, 162
 - BMI 24
 - boezem 62
 - borstademhaling 118
 - borstbuis 89
 - borstvlies 115
 - bouwstoffen 10, 12, 14, 15
 - bovendruk 75, 77
 - bovenste holle ader 62
 - Bowman, kapsel van 133
 - brandstoffen 10, 11, 12
 - bronchiën 112
 - bronchiolen 112
 - buikademhaling 118
 - buitenste tussenribspieren 115
- C**
- cafeïne 54
 - calcium 54
 - capaciteit, vitale 121
 - cellulaire afweer 176
 - chemische afweer 170
 - chemische vertering 29, 32
 - chemoreceptoren 123
 - cholesterol 11, 13, 129
 - conserveermiddelen 27
 - conserveren 26
 - constant intern milieu 59
- D**
- darm, blinde 39
 - darm, dikke 39
 - darm, twaalfvingerige 30
 - darmbacteriën 39
 - darmepitheel 38
 - darmflora 39
 - darmperistaltiek 29
 - darmplooiën 38
 - darmvlokken 38
 - diastole 64
 - diepe inademing 119
 - diepe uitademing 119
 - dikke darm 39
 - dipeptiden 33
 - dode ruimte 121
 - donor 188
 - donorregister 189
 - donorverklaring 189
 - dubbele bloedsomloop 60
- E**
- ecg 66
 - eiwitsynthese 10
 - eiwitten 10
 - elektrocardiogram 66
 - emulgatoren 27
 - emulgeren 31
 - enkelvoudige bloedsomloop 60
 - enzymen 29, 30
 - epo 83
 - erythrocyten 83
 - erythropoëetine 83
 - essentiële aminozuren 10
 - essentiële vetzuren 12
 - etter 88
 - expiratoir reservevolume 121
- F**
- feces 39
 - fagocyten 170
 - fagocytose 88
 - fibrine 87
 - fibrinogeen 82
 - fysiologische zoutoplossing 82
- G**
- gal 30
 - galblaas 30
 - galgang 127
 - galkleurstoffen 30, 127
 - galzouten 30
 - galzure zouten 129
 - gasverpakken 27
 - gaswisseling 110

- gebreksziekten 15
gelijkmatig milieu 59
geneesmiddelen 81
geslacht 21
globine 114
glomerulus 133
granulocyt 171
grote bloedsomloop 60
- H**
- haarspiertjes 162
haarvaten 69
haarvatenkluwen 133
haarvatennet 133
haarzakjes 162
halvemaanvormige kleppen 62
haren 162
hart 59
hartinfarct 75
hartkleppen 62
hartpauze 64
hartritme 66
hartruis 64
hartslagfrequentie 66
harttonen 64
harttussenwand 62
heemgroepen 114
hemofilie 87
hemoglobine 83, 114, 192
hemoglobine, verzadigde 114
hemolyse 192
Henle, lis van 133
hersenvloeding 75
HLA 188
HLA-matching 189
hoektanden 30
homogeen milieu 59
hoornlaag 161
huig 30
Human Leukocyte Antigen 188
humorale afweer 177
hyperventilatie 124
hypothalamus 165
- I**
- ICD 66
immunisatie 181
immunisatie, actieve 184
immunisatie, passieve 184
immunitet, natuurlijke 181
immuun 181
immuunsysteem 170, 178
- inactief pro-enzym 32
inademing, diepe 119
inademing, rustige 118
incubatietijd 181
infectie 168
infuus 82
inname, aanvaardbare dagelijkse 27
inspanning, lichamelijke 21
inspiratoir reservevolume 121
invriezen 26
inwendige bloeding 75
- K**
- kamer 62
kapsel van Bowman 133
kiemlaag 161
kiezen 30
kleine bloedsomloop 60
kleppen, halvemaanvormige 62
kleurstoffen 27
koolhydraatstofwisseling 127
koolhydraten 10
koorts 171
kraakbeenringen 112
kransaders 62
kransslagaders 62
kringspieren 29
- L**
- lactase 35
lederhuid 162
leeftijd 21
lengtespieren 29
leukemie 88
leukocyten 88
lever 30
leverlobjes 127
lichaampje van Malpighi 133
lichaamsgewicht 21
lichaamsvreemd 168
lichamelijke inspanning 21
linkerboezem 62
linkerharthelft 60
linkerkamer 62
lipase 33
lipiden 10, 11
lis van Henle 133
longaders 62
longblaasjes 113
longhaarvaten 113
longslagader 62
longvlies 115
- luchtpijp 112
lymfe 89
lymfeklieren 89
lymfeknopen 89
lymfevaten 89
lymfevatenstelsel 89
lymfocyten 88, 170
- M**
- maag 30
maagportier 30
maagsap 30
macrofagen 171
Major Histocompatibility Complex 188
Malpighi, lichaampje van 133
maltase 35
maltose 32
mechanische afweer 170
mechanische vertering 29
melanine 162
melanocyten 162
MHC 188
microvilli 38
middenrif 117
middenrifademhaling 118
milieutemperatuur 21
mineralen 10
- N**
- natuurlijke immuniteit 181
nefron 133
neusslijmvlies 112
nieraders 132
nieradertje 133
nierbekken 132, 133
nierbuisje 133
niereenheden 133
nierkapseltje 133
niermerg 132
nierschors 132
nierslagaders 132
nierslagadertje, aanvoerend 133
nierslagadertje, afvoerend 133
- O**
- oedeem 89
omega-3-vetzuren 54
onderdruk 75, 77
onderhuidse bindweefsel 162
onderste holle ader 62
ontlasting 39
onverzadigd vetzuur 11

- oplosmiddel..... 14
opperhuid..... 161
oxyhemoglobine..... 114
- P**
pacemaker..... 66
pancreas..... 31
passieve immunisatie..... 184
pasteuriseren..... 26
pepsine..... 32
pepsinogeen..... 32
peptidasen..... 33, 35
pezen..... 64
plantensterolen..... 54
plasma-eiwitten..... 127
poortader..... 39, 71
positieve terugkoppeling..... 32
prebiotica..... 54
primaire reactie..... 181
probiotica..... 53
pro-enzym, inactief..... 32
proteïnen..... 10
provitaminen..... 15
pus..... 88
- R**
reactie, primaire..... 181
reactie, secundaire..... 181
receptoreiwitten..... 175
rechterboezem..... 62
rechterharthelft..... 60
rechterkamer..... 62
rechterlymfestam..... 89
regelende stoffen..... 81
reservevolume, expiratoir..... 121
reservevolume, inspiratoir..... 121
resorptie..... 38
restvolume..... 121
resusantigeen..... 193
resusfactor..... 191, 193
resuskindje..... 194
ribademhaling..... 118
rode beenmerg..... 170
rode bloedcellen..... 81, 83
ruimte, dode..... 121
rustige inademing..... 118
rustige uitademing..... 118
- S**
sacharase..... 35
Schijf van Vijf..... 20
secundaire reactie..... 188
sinusknop..... 65
slagaders..... 69
slagvolume..... 66
slijm..... 30
slijmerig..... 30
slikreflex..... 30
slokdarm..... 30
smaakversterkers..... 27
snijtanden..... 30
specifieke afweer..... 170, 175
speeksel..... 30
speekselklieren..... 32
spieren..... 64
sporelementen..... 15
stamcellen..... 82
stembanden..... 112
steriliseren..... 26
stoffen, beschermende..... 81
stoffen, regelende..... 81
stoffen, toegevoegde..... 20, 27
stollingsfactoren..... 87
straling, ultraviolette..... 162
strotklepje..... 30
strottenhoofd..... 30, 112
systole..... 64
systole van de boezems..... 64
systole van de kamers..... 64
- T**
talg..... 162
talgklieren..... 162
temperatuur, hoge..... 26
temperatuur, lage..... 26
temperatuurcentrum..... 165
terugkoppeling, positieve..... 32
terugresorptie..... 135
Tg-cellen..... 177
T-geheugencellen..... 177
toegevoegde stoffen..... 20, 27
transplantatie..... 188
transport..... 10
transport, actief..... 38
transportmiddel..... 14
trilhaarepitheel..... 112
tripeptiden..... 33
- trombocyten..... 86
trombose..... 75, 104
trypsine..... 33
tussenribspieren, binnenste..... 115
tussenribspieren, buitenste..... 115
twaalfvingerige darm..... 30
- U**
UHT-sterilisatie..... 26
uitademing, diepe..... 119
uitademing, rustige..... 118
uitlopers van zenuwcellen..... 162
ultrafiltratie..... 135
ultraviolette straling..... 162
ureum..... 127
urine..... 132
urineblaas..... 133
urinebuis..... 133
urineleiders..... 133
- V**
vaatgeruis..... 77
vaccinatie..... 182
variatie..... 20
ventilatie..... 118
verdamping..... 166
vertering, chemische..... 29, 32
vertering, mechanische..... 29
verteringsklieren..... 29
verteringssappen..... 29
verzadigd vetzuur..... 11
verzadigde hemoglobine..... 114
verzamelbuisjes..... 133
vetcellen..... 162
vetstofwisseling..... 127
vetten..... 10, 11
vetzuren, essentiële..... 12
vetzuur, onverzadigd..... 11
vetzuur, verzadigd..... 11
vitale capaciteit..... 10
vitamine C..... 10
vitamine-B-complex..... 10
vitaminen..... 10
voedingsmiddelen..... 10
voedingsstoffen..... 10
voedingsvezels..... 11
voedsel, hoeveelheid..... 11
voedselbereiding..... 11
voedselinfectie..... 11

voedselvergiftiging.....28
 voorurine..... 135

W

warmteafgifte.....166
 warmtebalans..... 165
 warmteproductie..... 165
 water.....10, 14
 weefselvloeistof..... 88
 witte bloedcellen..... 81, 88
 wormvormig aanhangsel.....39

Z

ziekteverwekkers.....168
 zintuigcellen..... 162
 zouten.....10, 15
 zouten, galzure.....129
 zoutoplossing, fysiologische.....82
 zoutzuur.....30
 zuurstof.....81
 zweet.....166
 zweetklieren..... 162

De afgeleverde tekst is niet leesbaar en lijkt te bestaan uit een reeks van willekeurige tekens en symbolen. Het is waarschijnlijk een artefact van de OCR-procedure of een corruptie van de originele tekst.

De afgeleverde tekst is niet leesbaar en lijkt te bestaan uit een reeks van willekeurige tekens en symbolen. Het is waarschijnlijk een artefact van de OCR-procedure of een corruptie van de originele tekst.

De afgeleverde tekst is niet leesbaar en lijkt te bestaan uit een reeks van willekeurige tekens en symbolen. Het is waarschijnlijk een artefact van de OCR-procedure of een corruptie van de originele tekst.

AUTEURS

Arteunis Bos
 Marianne Gommers
 Arthur Jansen
 Onno Kalverda
 Theo de Rouw
 Gerard Smits
 Ben Waas
 René Westra

EINDREDACTIE

Onno Kalverda

REDACTIE

PRosa redactie, 's-Hertogenbosch
 Grada Hooijer, Culemborg

FOTO'S EN ILLUSTRATIES

www.asterix.com © 2014 Les Editions Albert René: thema 6: 25; ANP Foto, Rijswijk: thema 4: 15; thema 6: 26; thema 7: 7; *Teun Berserik, Den Haag*: thema 4: 20; *Best Kept Secret Festival, Amsterdam*: thema 4: 2; *Bridgeman Art Library, Londen*: thema 6: 60.1; *Corbis*: omslag, thema 7: 53; *Erik Eshuis Infographics, Groningen*: thema 4: 7.1, 7.2, 30, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 58, 60; thema 5: 3.1, 3.2, 10, 14.2, 15, 18, 22, 24, 25, 26, 29, 30, 31, 37, 40.2, 47, 51, 54, 58, 60, 62, 64, 65, 66; thema 6: 2, 10, 18, 19, 22, 41, 45, 48, 50, 54, 56, 57, 58; thema 7: 21, 31, 39, 40, 42, 43, 48, 51, 54, 62, 67, 74, 84; *Fresh Images / Reporters, Haarlem*: thema 5: 11, 27.4; thema 6: 1, 28, 46, 61; thema 7: 16.1, 20.4; *Sid Frisjes*: thema 4: 3; *Getty Images*: thema 4: opening; thema 5: 1.1; thema 7: 20.3, 26, 29, 44.2, 45, 63, 68, 85; *Hartstichting, Den Haag*: thema 5: 1.2; *Hollandse Hoogte, Amsterdam*: thema 4: 23; thema 5: opening; thema 7: 16.2; *Imageselect, Wassenaar*: thema 5: 16; thema 6: opening; *Medical Visuals / Maartje Kunen, Arnhem*: thema 4: 32, 36, 41, 49, 50, 57, 65, 66; thema 6: 30; thema 7: 2, 13, 14, 19, 22, 23, 27, 89; *Merlijn Michon Fotografie, Amsterdam*: thema 4: 4, 5, 9, 10, 12, 13, 14, 24.1, 24.2, 25, 26, 27, 28.1, 28.2, 28.3, 29, 31, 37, 56, 67; *Ministerie VWS*: thema 7: 55; *Moné Vormgeving, Den Bosch*: thema 5: 13; *Nationale Beeldbank, Amsterdam*: thema 5: 61; *Nederlandse Coeliakie Vereniging (logo*

ONTWERP

Uitgeverij Malmberg

OPMAAK

Pointer grafische vormgeving

BEELDRESEARCH

B en U International Picture Service, Amsterdam

is eigendom van NCV en wordt in licentie gegeven aan bedrijven die volgens de AOECs-norm glutenvrij produceren): thema 4: 52; *Nice Op Een Stokje, Amsterdam*: thema 4: 48; *Picture-Alliance, Frankfurt*: thema 6: 42; thema 7: 92, 93; *RIVM, Bilthoven*: thema 7: 47; *Science Photo Library / ANP Foto, Rijswijk*: thema 4: 53 b, 0; thema 5: 8.1, 8.2, 17, 19, 36, 41, 43, 44.1, 44.2, 44.3; thema 6: 5.3, 27; thema 7: opening, 1, 20.1, 20.2, 35, 41, 49, 59.1, 59.2, 75, 87; *Shutterstock*: thema 4: 1, 6, 10 lb, rb, 54, 55, 59, 62, 63; thema 5: 2, 14.1, 34; thema 6: 3, 31, 55, 59; thema 7: 8, 9, 10, 44.1, 52, 64, 66, 69, 91; *Vasa museum / Statens Maritima Museer, SMM, Stockholm*: thema 6: 60.2; *VIGeZ, Brussel*: thema 4: 21; *Voedingscentrum, Den Haag*: thema 4: 18; *Voermans Van Bree Fotografie, Arnhem*: thema 4: 16, 51; thema 5: 40.1; thema 6: 15.1, 15.2, 20, 24; *Henk van de Vrande*: thema 4: 34, 40; thema 5: 6, 27.1, 27.2, 27.3, 35, 45; thema 6: 7.2; *Zorg in Beeld, Nijmegen*: thema 6: 36

De uitgever heeft getracht met alle rechthebbenden op beelden en tekst in contact te treden. Mogelijk is dit niet in alle gevallen gelukt. Degene die meent op beelden en/of tekst recht te kunnen doen gelden, wordt verzocht in contact te treden met Uitgeverij Malmberg te 's-Hertogenbosch.

ISBN 978-90-345-7427-5

Vijfde editie, eerste oplage

MALMBERG

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16b Auteurswet 1912 j° het Besluit van 20 juni 1974, St.b. 351, zoals gewijzigd bij het Besluit van

23 augustus 1985, St.b. 471, en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 3051, 2130 KB Hoofddorp). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) dient men zich tot de uitgever te wenden.

© Malmberg 's-Hertogenbosch