

## 11 Bloedsomloop

### Bloeddoping bijna fataal

“Ik heb een bloedtransfusie met eigen bloed ondergaan. Het lag al 25 dagen bij mij in de koelkast. Waarschijnlijk is dit bloed bedorven geweest”, verklaarde de profwielrenner Riccardo Ricco tegenover de arts nadat hij in shocktoestand bij de eerste hulp was binnengebracht.

afbeelding 1



Op de eerste hulp werd eerst de bloeddruk gemeten. Om de bloeddruk te meten wordt een band om de bovenarm aangebracht en opgepompt tot er een druk is waarbij het bloed niet meer naar de onderarm stroomt (afbeelding 1). Door langzaam de druk te verminderen kan de boven- en onderdruk worden gemeten. Op een gegeven moment tijdens de bloeddrukmeting is de druk op de band net iets onder de bovendruk, maar ruim boven de onderdruk.

- 1 Stroomt er op dat moment bloed door de bloedvaten naar de onderarm?
- A nee
  - B ja, maar alleen door aders als gevolg van diastole van de kamers
  - C ja, maar alleen door aders als gevolg van systole van de kamers
  - D ja, maar alleen door slagaders als gevolg van diastole van de kamers
  - E ja, maar alleen door slagaders als gevolg van systole van de kamers

Een van de verschijnselen tijdens een shock is dat de hersenen te weinig zuurstof krijgen doordat spieren in de wanden van bloedvaten ontspannen.

- 2 Welke waarden geeft de bloeddrukmeting – bovendruk/onderdruk in mm Hg en tussen haakjes in kPa – bij Riccardo in deze toestand weer?
- A 80/50 (11/7)
  - B 120/80 (16/11)
  - C 160/80 (21/11)
  - D 160/120 (21/16)

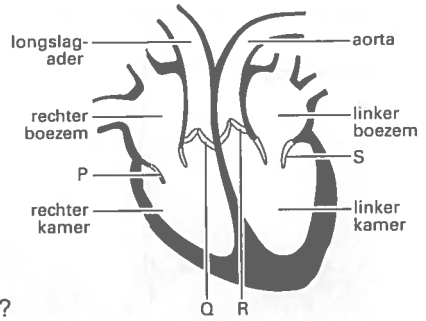
Riccardo's bloed bleek geïnfecteerd te zijn met een bacterie. Om deze infectie te bestrijden kreeg hij via een infuus een antibioticum toegediend.

## Hart en bloedvaten

Hiernaast zijn in een doorsnede van het hart de slagaderkleppen en de hartkleppen weergegeven.

In de werking van het hart kan men twee fasen onderscheiden, namelijk de systole en de diastole. Tijdens de systole trekken de kamers zich samen en tijdens de diastole ontspannen ze zich.

Hiernaast zijn verschillende kleppen met letters aangegeven.



- 5 Welke kleppen zijn tijdens de diastole 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

De PET-scan-techniek maakt het mogelijk de doorbloeding van verschillende hersengebieden in beeld te brengen. De doorbloeding wordt beschouwd als een maat voor de activiteit.

Het bloed dat een bepaald hersengebied verlaat, is zuurstofarm.

- 6 In welk van de volgende bloedvaten is dit bloed voor het eerst weer zuurstofrijk?
- A in een halsader
  - B in een halsslagader
  - C in een longader
  - D in een longslagader

De frequentie van de hartslag kan worden beïnvloed vanuit het centrale zenuwstelsel. Het hart is door zenuwen van het autonome zenuwstelsel verbonden met de hersenstam. De hersenstam krijgt informatie vanuit onder andere de aorta en de halsslagaders. Daar bevinden zich receptoren die worden geprikkeld door veranderingen in de bloeddruk in deze bloedvaten. Het autonome zenuwstelsel reguleert de bloeddruk. Op een bepaald moment neemt bij iemand door een verhoogde bloeddruk de impulsfrequentie vanuit de genoemde receptoren naar de hersenstam toe.

- 7 Zal de bloeddruk vervolgens weer normaal worden door een toename van de impulsfrequentie in het parasympatische of het orthosympatische deel van het autonome zenuwstelsel? Leg je antwoord uit.

Bepaalde receptoren in de aorta en halsslagaders zijn gevoelig voor de zuurstofdruk ( $pO_2$ ) in het bloed. Ten gevolge van een lagere  $pO_2$  verandert de hartslagfrequentie.

- 8 Welke verandering van de hartslagfrequentie is te verwachten? Leg je antwoord uit.

## Hongeroedeem

Bij ernstige ondervoeding kan hongeroedeem ontstaan. Opgezwollen buikjes bij eiwitgebrek is bij kinderen een opvallend symptoom.

- 9 Hoe kan door het eten van voldoende eiwit uit Amarant (een tropische groente) dit hongeroedeem worden voorkomen?
- De terugresorptie uit weefselvocht naar bloed wordt bevorderd.
  - De terugresorptie uit bloed naar weefselvocht wordt bevorderd.
  - De terugresorptie uit weefselvocht naar bloed wordt verminderd.
  - De terugresorptie uit bloed naar weefselvocht wordt verminderd.

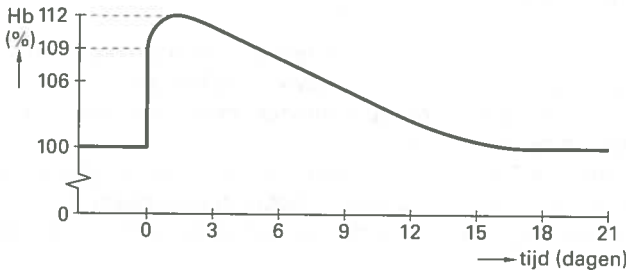
## Bloeddoping

Doping, waaronder bloeddoping, is in de sport niet toegestaan. Bij bloeddoping krijgt een sporter via een infuus bloed in geconcentreerde vorm toegediend. Hierdoor wordt de capaciteit van het bloed voor het vervoeren van zuurstof vergroot. Het toegediende bloed kan afkomstig zijn van de sporter zelf òf van een ander.

Men geeft de voorkeur aan bloeddoping met eigen bloed. Hierbij is er weinig kans dat de sporter bij een bloedonderzoek wordt betrapt.

- 10 Geef nog twee redenen waarom men de voorkeur geeft aan bloeddoping met eigen bloed.

Hieronder is weergegeven wat er bij bloeddoping gebeurt met het hemoglobinegehalte.



Bij deze bloeddoping wordt op tijdstip 0 een halve liter geconcentreerd bloed toegediend. Het hemoglobinegehalte stijgt daardoor direct: tot 9% boven de normale waarde (de normale waarde = 100%). Het hemoglobinegehalte blijft daarna niet constant. Uit de grafiek blijkt dat het hemoglobinegehalte gedurende anderhalve dag nog wat verder toeneemt: van 109% tot 112%, zonder dat er bloed wordt toegediend. Pas daarna treedt een daling op totdat de oorspronkelijke waarde (100%) na een aantal weken weer is bereikt. Wanneer bij iemand het bloedvolume tijdelijk is verlaagd of verhoogd, wordt door vochtregulatie binnen enkele dagen weer de normale waarde van het bloedvolume bereikt.

- 11 Geef met behulp van dit gegeven een verklaring voor het verschijnsel dat het hemoglobinegehalte ná het toedienen van het geconcentreerde bloed nog wat verder stijgt.

zeker na de eerste dagen, na een paar honderd meter al uitgeput. Door de grote hoogte bevat de lucht daar minder zuurstof en is Gijs sneller moe. De Tibetanen zijn daaraan gewend. Volgens Gijs bevat hun bloed waarschijnlijk meer rode bloedcellen, maar dat zou juist weer gevaarlijk kunnen zijn voor de gezondheid.

Zelfs de rokende berggidsen hadden minder last van het lage zuurstofgehalte dan Gijs. En dat is vreemd, want rokers hebben in het algemeen sneller last van zuurstofgebrek dan niet-rokers.

- 12 Waardoor hebben rokers sneller last van zuurstofgebrek dan niet-rokers?
- A De verbranding in de sigaret haalt zuurstof uit de ademlucht. Hierdoor komt er minder  $O_2$  in de longen van de rokers.
  - B Sigarettenrook bevat koolstofmonoxide. Koolstofmonoxide verhindert bij rokers de binding van  $O_2$  aan hemoglobine.
  - C Teer zorgt voor mutaties in de rode bloedcellen, die daardoor bij rokers minder goed  $O_2$  vervoeren.
- 13 Waardoor levert een te hoge concentratie rode bloedcellen in het bloed gezondheidsrisico's op?
- A De doorstroming in de haarvaten is verlaagd, waardoor de bloeddruk daalt.
  - B De osmotische waarde van het plasma is verstoord, waardoor weefsels uitdrogen.
  - C Er is te weinig plaats voor witte bloedcellen, waardoor de afweer verstoord raakt.
  - D Het bloed is te stroperig, waardoor de bloeddruk toeneemt.

Tibetanen zijn evolutionair aangepast aan de zuurstofarme omgeving. Door een mutatie hebben de meesten juist een lagere concentratie rode bloedcellen dan Europeanen. Het gen waarin de mutatie werd aangetroffen, blijkt betrokken te zijn bij het registreren van het zuurstofgehalte in het bloed.

Na drie weken in Tibet kostte het Gijs een stuk minder moeite om de bergpaden op te klimmen. Toch heeft Gijs het normale gen dat bij de Tibetanen gemuteerd is. Processen die tot deze verbetering van zijn conditie hebben geleid zijn (in willekeurige volgorde):

- 1 Een verhoogde productie van rode bloedcellen in het beenmerg;
  - 2 Een verandering van de hoeveelheid zuurstof in de longblaasjes;
  - 3 Een verandering van de afgifte van het hormoon erythropoëetine (EPO) door de nieren;
  - 4 Een aanpassing van het vervoer van zuurstof door de bloedbaan naar de spieren.
- 14 Wanneer speelt het normale gen bij Gijs een rol in de verbetering van zijn conditie?
- A na proces 1 maar voor proces 2
  - B na proces 1 maar voor proces 4
  - C na proces 2 maar voor proces 3
  - D na proces 4 maar voor proces 3

## Jurassic Parc

In de film Jurassic Parc is een *Brachiosaurus* (zie afbeelding 2) te zien, die de toppen van hoge bomen kaal vreet.

afbeelding 2



Het lijkt logisch dat het beest dankzij zijn bijzonder lange nek zo graasde. Maar als een *Brachiosaurus* zijn kop zo verticaal in de lucht zou steken, zou zijn hart het bloed naar de hersenen zeven meter omhoog moeten pompen. Daarvoor is een enorme bloeddruk nodig, vele malen groter dan die van een mens. Om die druk te bereiken zou een heel groot hart nodig zijn en het zou veel energie kosten om dit systeem pompende te houden. Zo veel energie dat het de vraag is of het dier die zou kunnen verkrijgen via het eten van bladeren uit de toppen van bomen.

Waarschijnlijk zijn deze kolossale dinosaurussen met een lange nek nooit in staat geweest hun lange nek en kop helemaal verticaal te houden, maar gebruikten ze hun nek om in de breedte de bodem af te grazen. Het horizontaal houden van zo'n nek vraagt minder inspanning van het hart.

Als de *Brachiosaurus* zijn kop omhoog zou steken, zou een heel hoge bloeddruk nodig zijn om zijn hersenen van bloed te voorzien. Om zo'n hoge bloeddruk te handhaven zouden aanpassingen van het hart nodig zijn. Ga ervan uit dat het hart van een dinosaurus dezelfde bouw heeft als een zoogdierhart.

- 15 Welke van onderstaande aanpassingen is zeker nodig om deze hogere bloeddruk te creëren?
- A een grotere spiermassa van de linkerkamer
  - B een grotere spiermassa van de rechterkamer
  - C een groter volume in de linkerkamer
  - D een groter volume in de rechterkamer

De giraf heeft al een bloeddruk nodig die twee maal zo hoog is als die van de mens om de hersenen van voldoende bloed te voorzien. Daarnaast zijn de halsslagaders bij de giraf erg elastisch en voorzien van kleppen.

Bij de mens en andere zoogdieren komen kleppen voornamelijk in aders voor en aan het begin van twee slagaders.

- 16 Noteer de namen van deze twee slagaders.

- 3 De ligging van bloedvaten speelt hierbij onder meer een rol.
- 4 Wat is de belangrijkste functie van rode bloedcellen?
- 5 Als de kamers ontspannen zijn, vullen ze zich.
- 6 Kijk in BiNaS of ScienceData naar een schema van de bloedsomloop.
- 7 Het orthosympatische deel van het autonome zenuwstelsel komt in actie bij vluchten en vechten.
- 8 Hersenen hebben een hoge stofwisseling, hebben dus veel zuurstof nodig.
- 9 De osmotische waarde van bloed is hoger dan van weefselvocht.
- 10 Bloedtransfusie is een vorm van transplantatie met bijbehorende risico's.
- 11 Door terugkoppeling wordt het bloedvolume in het lichaam constant gehouden.
- 12 Rode bloedcellen hebben geen kern, dus geen chromosomen.
- 13 Er is sprake van filevorming, terwijl het hart doorklopt.
- 14 Het begint met de registratie van de verandering in de omgeving.
- 15 Hersenen zijn aangesloten op de grote bloedsomloop.
- 16 Deze slagaders ontspringen in het hart.

# Uitwerkingen bij hoofdstuk 11

## Bloeddoping bijna fataal

- 1 E** Bloedvaten waarin bloed (van het hart af) naar de onderarm stroomt, zijn slagaders. Door de systole (samentrekking) van de hartkamers ontstaat in de grote bloedsomloop bovendruk. Doordat die hoger is dan de druk in de band gaat bloed door de armslagader.
- Bij de diastole (ontspanning) van de kamers is de onderdruk in de armslagader lager dan de druk in de band; daardoor kan het bloed niet doorstromen.
- 2 A** Als de vaatwanden ontspannen neemt de ruimte in de bloedvaten toe, waardoor de bloeddruk daalt en in de hersenen van Ricardo onvoldoende bloed (met zuurstof) komt. Normale bloeddrukwaarden zijn 120/80 ('120 over 80'). De bovendruk (tijdens systole) is altijd hoger dan de onderdruk (tijdens diastole).
- 3** In een ader.
- Voorbeelden van een juiste reden:*
- In een ader is de bloeddruk lager. *Daardoor stroomt de infuusvloeistof makkelijker het bloedvat in.*  
*BiNaS 84E1 en ScienceData 20.11*
  - Een ader heeft een dunnere wand. *Ze zijn daardoor makkelijker aan te prikken dan slagaders.*
  - Aders liggen vaak dichters aan het oppervlak. *Ze zijn daardoor makkelijker aan te prikken dan slagaders.*
- 4** Door meer rode bloedcellen/hemoglobine is er meer zuurstoftransport, waardoor er meer/langer verbranding kan optreden / er meer/langer (aerobe) dissimilatie kan optreden / er minder (snel) verzuring optreedt. Daardoor kan meer/langer inspanning worden verricht.

## Hart en bloedvaten

- 5 C** Tijdens de diastole ontspannen de kamers zich waardoor de bloeddruk daar afneemt. Door de druk in de longslagader en aorta gaan de kleppen Q en R dicht. De kamers vullen zich dan met bloed uit de boezems.
- De kleppen P en S zijn dan open. De afbeelding geeft het hart tijdens de diastole weer.*
- 6 C** Bloed verlaat de hersenen via de halsader. Vervolgens stroomt het via de bovenste holle ader, rechterboezem, rechterkamer en longslagader naar de longen, waar het bloed zuurstof opneemt. Het zuurstofrijke bloed verlaat de longen via de longader. (BiNaS 84A, ScienceData 20.1)
- 7** Het parasympatisch deel. Dit zorgt voor een tragere hartslag waardoor de bloeddruk weer lager / normaal wordt. (BiNaS 88L, ScienceData 27.8)
- Denk aan negatieve terugkoppeling.*
- 8** De hartslagfrequentie zal toenemen, want hierdoor wordt een snellere aanvoer van O<sub>2</sub> (vanuit de longen) verkregen.

## Bloeddoping

**10** Voorbeelden van juiste redenen:

- Minder kans op besmetting / geen controles van het bloed nodig op eventuele besmetting.
- Geen (immunologische) problemen wat betreft bloedgroepen / geen controles op bloedgroepen nodig.

*In bloed kunnen ziekteverwekkers voorkomen, bv. het aidsvirus (HIV) of virussen die hepatitis veroorzaken. Zonder controle hierop is de kans op besmetting met deze ziekten door gebruik van bloed van een ander groter.*

*Een infuus met bloed waarvan de bloedgroep en resusfactor niet overeenkomen met die van het eigen bloed kan een stollingsreactie veroorzaken.*

**11** Het bloedvolume daalt (door vochtregulatie) tot zijn oorspronkelijke waarde waardoor de concentratie van de rode bloedcellen in het bloed stijgt.

*Door toediening van een halve liter geconcentreerd bloed stijgt het bloedvolume. De hoeveelheid vloeistof in de bloedvaten wordt door de werking van de nieren binnen nauwe grenzen gereguleerd. Door de nieren wordt dan meer vocht uitgescheiden.*

## Berggidsen

**12 B** Er is dan minder hemoglobine in de rode bloedcellen om zuurstof te vervoeren. Ook als ze even niet roken, hebben ze sneller zuurstofgebrek.

*Rode bloedcellen hebben geen kern meer, dus geen chromosomen met DNA dat kan muteren.*

**13 D** De grote hoeveelheid rode bloedcellen kan niet snel genoeg door de haarvaten stromen waardoor de bloeddruk in de slagaders oploopt.

*Osmose is afhankelijk van de hoeveelheid opgeloste stoffen. Rode bloedcellen zijn geen opgeloste stoffen en hebben dus geen osmotisch effect.*

*Er zijn veel minder witte bloedcellen dan rode; ze stromen mee tussen de rode bloedcellen.*

**14 C** Een verlaging van het zuurstofgehalte in longblaasjes leidt tot verlaging van het zuurstofgehalte in het bloed. Het gen regelt de extra productie van EPO en daarmee de aanmaak van meer rode bloedcellen bij een verlaagd zuurstofgehalte.

(BiNaS 89A; ScienceData 28.6)

## Jurassic Parc

**15 A** De pomp voor de grote bloedsomloop wordt gevormd door de spiermassa van de linkerkamer; deze voorziet alle organen, dus ook de hersenen, van zuurstofrijk bloed.

*Een groter volume draagt alleen bij tot een hogere bloeddruk als ook de spiermassa in verhouding nog meer toegenomen is (BiNaS 84C,D; ScienceData 20.3,9).*

*De rechterkamer pompt bloed door de longen (kleine bloedsomloop).*

**16** De aorta en de longslagader.

*De slagaderkleppen bevinden zich op de overgang van hartkamer naar slagader (BiNaS 84A; ScienceData 20.3c).*