

13 Transport

Oriëntatie Doping en een bloedpaspoort

1

Welk type bloedcellen wordt voornamelijk beïnvloed door bloeddoping? Leg je antwoord uit.

Rode bloedcellen, zij zijn verantwoordelijk voor het vervoer van zuurstof. Zuurstof speelt een belangrijke rol bij het vrijmaken van energie voor (sport)activiteiten.

2

Sommige wielrenners en andere atleten nemen bloed bij zichzelf af. Hieruit worden rode bloedcellen gehaald, zodat ze die op een later tijdstip terug kunnen spuiten in hun lichaam. De rode bloedcellen worden bewaard in een fysiologische zoutoplossing, omdat ze anders onbruikbaar zijn.

Leg uit waarom je rode bloedcellen moet bewaren in een fysiologische zoutoplossing.

Gebruik de volgende begrippen: *bloedplasma – osmotische waarde – rode bloedcel – vorm*.

Rode bloedcellen bevinden zich in het bloedplasma. Bloedplasma heeft dezelfde osmotische waarde als een fysiologische zoutoplossing. Door de rode bloedcellen te bewaren in een fysiologische zoutoplossing, is er weinig of geen nettotransport van water de cellen in of uit. Hierdoor behouden de rode bloedcellen hun vorm en functie.

3

Aýbol Abiken testte in 2022 positief op het middel meldonium.

Leg uit waarom dit middel ook wel wordt voorgeschreven als medicijn bij het behandelen van een beroerte.

Bij een beroerte heeft een gedeelte van de hersenen zuurstoftekort gehad. Meldonium verbetert het zuurstoftransport van het bloed, dus ook het zuurstoftransport naar de hersenen. De delen die eerst te weinig zuurstof hebben gehad, krijgen dan nu extra zuurstof voor herstel.

4

Bij een dopingcontrole wordt onder andere gekeken naar de hoeveelheid rode bloedcellen per milliliter.

Hoe zou je aan de hand van deze waarde kunnen zien of een atleet gebruikmaakt van bloeddoping? Leg je antwoord uit.

Als iemand erg veel bloedcellen heeft in verhouding tot het bloedplasma, dan kan dat duiden op het gebruik van bloeddoping.

5

De dopingautoriteiten maken zich zorgen om het gebruik van anabole steroïden bij jongeren in de sportschool. Vooral jongemannen tussen de 20 en 30 jaar gebruiken deze middelen om de ontwikkeling van spiermassa te bevorderen.

Geef een biologische reden waarom het gebruik van anabole steroïden onder jongeren een reden tot bezorgdheid is.

Biologische reden: het gebruik van anabolen is slecht voor de gezondheid. Het gebruik hiervan kan leiden tot hormonale onbalans, impotentie, hart- en vaatziekten.

1 Het bloed

KENNIS

1

Afbeelding 3 is een foto van een reageerbuis met bloed. Dit bloed heeft enkele dagen gestaan.

- a Welk bestanddeel van bloed bevindt zich bovenin de reageerbuis? En welke bestanddelen bevinden zich onderin?

Boven in de reageerbuis bevindt zich bloedplasma. Onder in de reageerbuis bevinden zich rode en witte bloedcellen en bloedplaatjes.

- b Leg uit hoe het komt dat de bestanddelen bezinken.

De bloedcellen en bloedplaatjes bezinken, doordat ze een hogere dichtheid hebben dan bloedplasma.

2

Gebruik bij deze opdracht *BiNaS* tabel 84H over de samenstelling van het bloed.

- a Bloed bevat drie typen vaste bestanddelen. Zet deze vaste bestanddelen in de volgorde van meest naar minst aanwezig. Geef ook aan hoeveel van deze bestanddelen per mm^3 voorkomen.

Van de vaste bestanddelen komen rode bloedcellen het meest voor, tussen de 4,2 en 6,2 miljoen per mm^3 . Dan volgen de bloedplaatjes met tussen 140 000 en 340 000 per mm^3 . En het minst komen witte bloedcellen voor, tussen 5000 en 10 000 per mm^3 .

- b In bloedplasma komen veel verschillende opgeloste stoffen voor, zoals cholesterol, natrium en calcium. Ook bevat het fosfaationen, chloride-ionen en koolhydraten zoals glucose. Hoeveel procent van het bloedplasma bestaat ongeveer uit deze opgeloste stoffen? Leg je antwoord uit met een berekening.

Bloedplasma bestaat volgens *BiNaS* tabel 84H voor 92% uit water en 7% uit eiwitten, de rest zijn opgeloste stoffen. $92\% + 7\% = 99\%$, dus dan is $(100\% - 99\%) = 1\%$ opgeloste stoffen.

- c Welke rol spelen lipoproteïnen bij het transport van stoffen door het bloedplasma?

Met behulp van lipoproteïnen kunnen vetten worden getransporteerd in het bloedplasma. Zonder lipoproteïne zouden de vetten niet goed kunnen worden vervoerd, omdat ze niet goed oplossen in de waterige vloeistof.

3

Rode bloedcellen zijn gespecialiseerde cellen voor het vervoeren van zuurstof.

Geef twee voorbeelden van een aanpassing bij rode bloedcellen waardoor ze veel zuurstof kunnen vervoeren.

Rode bloedcellen hebben een platte, ingedeukte vorm die zorgt voor een grotere oppervlakte. Daardoor kan de diffusie van zuurstof (en koolstofdioxide) sneller plaatsvinden. Daarnaast bevatten rode bloedcellen hemoglobine, een eiwit waar zuurstof aan kan binden.

4

- a Als iemand te weinig ijzer binnenkrijgt via zijn voeding, dan kan dit leiden tot bloedarmoede. Leg dit uit.

Ijzer is nodig voor de vorming van hemoglobine. Wanneer iemand te weinig ijzer binnenkrijgt via zijn voeding, dan kan deze persoon onvoldoende hemoglobine aanmaken. Dit heet bloedarmoede.

- b Leg uit dat de wisselwerking tussen de aanmaak van rode bloedcellen en de productie van epo een voorbeeld is van negatieve terugkoppeling.

Bij een tekort aan zuurstof neemt de productie van epo door de nieren toe. Daardoor wordt de aanmaak van rode bloedcellen door het rode beenmerg verhoogd. Bij toename van de dichtheid van rode bloedcellen en verbeterde zuurstofvoorziening daalt de productie van epo door de nieren weer.

- c Leg uit dat toediening van epo bij iemand met bloedarmoede niet zal helpen. Gebruik in je antwoord het begrip 'beperkende factor'.
- Iemand met bloedarmoede heeft een tekort aan ijzer. IJzer is dan de beperkende factor voor de aanmaak van hemoglobine. Toediening van epo heeft dan geen effect, omdat er niet meer rode bloedcellen kunnen worden aangemaakt zonder extra hemoglobine.

5

Witte bloedcellen kunnen bij haarvaten de bloedbaan verlaten, doordat zij van vorm kunnen veranderen.

- a Leg uit waarom het belangrijk is dat witte bloedcellen ook buiten de bloedbaan voor kunnen komen.
- Witte bloedcellen moeten ook buiten de bloedbaan voor kunnen komen om ziekteverwekkers te kunnen bestrijden die weefsels en/of cellen hebben geïnfecteerd.
- b Witte bloedcellen maken ziekteverwekkers onder andere onschadelijk door fagocytose. Leg uit wat fagocytose is.
- Fagocytose is het proces waarbij de celmembraan van een cel een ziekteverwekker of vast deeltje omsluit. De ziekteverwekker of het deeltje komt dan terecht in een met een membraan omgeven holte. Aan deze holte kunnen dan enzymen worden toegevoegd om de ziekteverwekker of het deeltje af te breken of te verteren tot stoffen die de cel kan hergebruiken of uitscheiden.

INZICHT

6

Bij een harde stoot komt er bloed tussen de weefselcellen. Hierdoor ontstaat een blauwe plek die later geel en groen wordt.

- a Welke stof wordt op de beschadigde plaats gevormd om het beschadigde bloedvat te herstellen?
- Op de beschadigde plaats wordt fibrinogeen omgezet in fibrine, zodat er een bloedstolsel wordt gevormd.
- b Een blauwe plek verkleurt naar geel en groen doordat een bepaalde stof uit het bloed wordt afgebroken. Welke stof is dat?
- Een blauwe plek verkleurt doordat hemoglobine (uit rode bloedcellen) wordt afgebroken.
- c Een blauwe plek verdwijnt na enige tijd. Leg uit welke bloedbestanddelen daarvoor zorgen.
- Het bloedstolsel en de omringende cellen worden opgeruimd door witte bloedcellen.

7

Rode bloedcellen bezitten geen celkernen of mitochondriën.

Leg uit dat rode bloedcellen nog meer zuurstof kunnen vervoeren dankzij het ontbreken van mitochondriën.

Omdat rode bloedcellen geen mitochondriën bezitten, kunnen zij glucose alleen anaeroob omzetten en niet aeroob. Zij verbruiken dus zelf niets van de zuurstof die zij opnemen en kunnen deze volledig naar andere cellen vervoeren.

8

Bij bloedonderzoek kun je zowel kijken naar de vaste bestanddelen als naar het vloeibare gedeelte van het bloed. Wanneer je onderzoek wilt doen naar de samenstelling van deze vloeistof, gebruik je liever bloedserum dan bloedplasma.

Wat is het voordeel van het gebruik van bloedserum bij dit type onderzoek?

Bloedserum bevat geen stollingsfactoren meer die de resultaten van het onderzoek zouden kunnen beïnvloeden.

9

Trombose is een ziekte waarbij ongewenste stolling in de bloedvaten optreedt. Om deze stolling tegen te gaan, wordt aspirine gebruikt. Die remt de klontering van bloedplaatjes. Een stof uit het speeksel van bloedzuigers zou weleens beter kunnen werken. Deze wormen leven van het bloed van andere dieren (zie afbeelding 8). Het speeksel van bloedzuigers bevat hirudine, die het enzym trombine remt.

a Wat is de functie van hirudine in het speeksel van bloedzuigers?

Hirudine voorkomt klontering van het bloed van de gastheer van deze parasiet, zodat dit bloed gemakkelijk kan worden opgenomen.

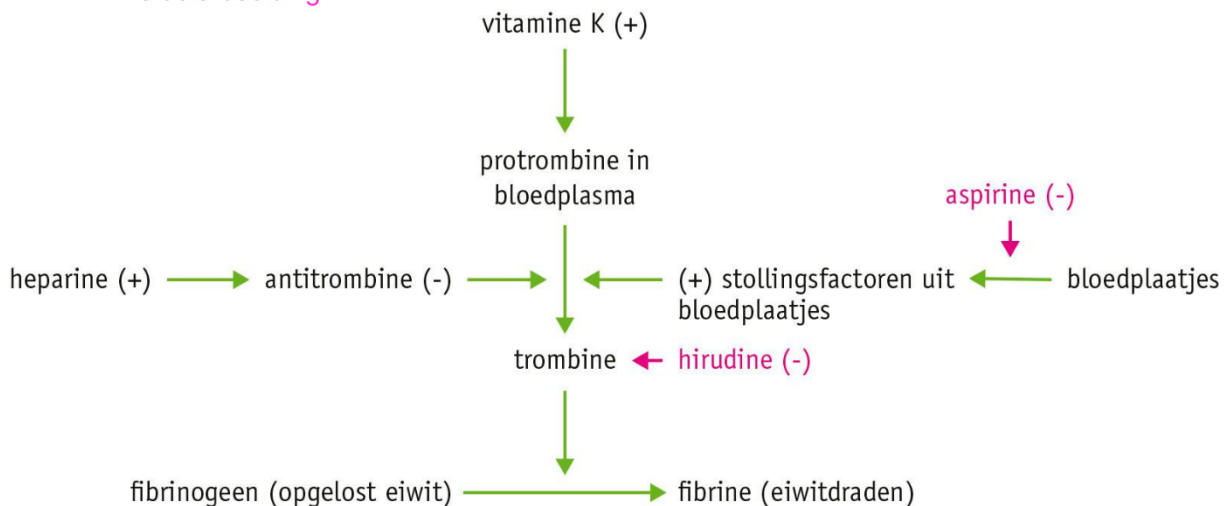
b In afbeelding 9 zie je een vereenvoudigd schema van de bloedstolling. In het schema zijn met een – remming en met een + stimulering van omzettingen of werking aangegeven. Welke stof wordt bedoeld met 'stollingsfactoren uit bloedplaatjes'?

trombokinas

c Geef met behulp van pijlen aan op welke plaats in het schema van afbeelding 9 de stoffen aspirine en hirudine aangrijpen, zoals is gedaan voor antitrombine.

Gebruik + en – om aan te geven op welke wijze ze de reactie beïnvloeden.

Zie de afbeelding.



d Waarom zou hirudine bij trombose weleens beter kunnen werken dan aspirine?

Hirudine werkt direct remmend op trombine, terwijl aspirine alleen indirect werkt door de klontering van bloedplaatjes tegen te gaan.

Context Kweekbloed als vervanging voor donorbloed?

10

Bloeddonoren mogen drie tot vijf keer per jaar een halve liter bloed doneren.

a Waarom mag je per donatie maximaal een halve liter bloed doneren?

Een volwassene heeft tussen de 4,5 en 5,6 liter bloed. Als je meer dan 0,5 liter (ongeveer 10%) doneert, dan kom je zelf bloed(cellen) tekort om voldoende zuurstof en dergelijke te transporteren.

b Waarom mag je slechts drie tot vijf keer per jaar bloed doneren?

De gedoneerde bloedcellen moeten weer worden aangevuld vanuit zich delende stamcellen en dit kost tijd.

c Wetenschappers vermoeden dat kweekbloed efficiënter zal zijn dan normaal donorbloed, doordat het alleen nieuwgevormde bloedcellen bevat.

Waarom zou kweekbloed dan efficiënter zijn dan donorbloed?

Donorbloed bestaat uit een combinatie van jonge en oude rode bloedcellen, sommige hiervan zullen al aan vervanging toe zijn op het moment van donatie. Kweekbloed bevat

alleen jonge rode bloedcellen en deze zullen nog lang (ongeveer 120 dagen) hun functie kunnen vervullen.

- d Tijdens de proeven met kweekbloed wordt het kweekbloed gelabeld met radioactieve isotopen.

Wat is de functie van deze radioactieve isotopen?

Met radioactieve isotopen kunnen onderzoekers volgen waar de cellen uit het kweekbloed terechtkomen en monitoren hoelang het duurt voordat deze cellen worden afgebroken.

- e Bij Sanquin kun je naast bloeddonor ook plasmadonor, bloedplaatjesdonor of stamceldonor worden. Wanneer een vrouw met een stollingsziekte gaat bevallen, krijgt zij bloedplaatjes toegediend.

Waarom krijgt deze vrouw gedoneerde bloedplaatjes toegediend?

Tijdens een bevalling is het normaal dat vrouwen bloed verliezen. Als een vrouw een stollingsziekte heeft, dan loopt ze risico heel veel bloed te verliezen. Door bloedplaatjes toe te dienen, worden de normale stollingsprocessen gestimuleerd en is de kans op extreem bloedverlies minder groot en herstelt de vrouw sneller na de bevalling.

2 Transportsystemen bij dieren

KENNIS

11

- a Waarom zeg je dat een sprinkhaan lichaamsvloeistof heeft en geen bloed?
Doordat sprinkhanen een open circulatiesysteem hebben is er geen onderscheid tussen bloed en weefselvloeistof. Er is slechts één type vloeistof dat rond stroomt, lichaamsvloeistof.
- b Organismen met een open circulatiesysteem zijn relatief klein, denk aan insecten.
Waarom hebben kleine organismen vaak een open circulatiesysteem?
Een open circulatiesysteem kan minder druk opbouwen, hierdoor gaat het transport minder effectief en minder ver. Dit betekent dat de afstand tussen alle cellen niet zo groot kan worden en dus dat het organisme kleiner is.

12

- a Is de stroomsnelheid van het bloed in de organen hoger bij een enkele of bij een dubbele bloedsomloop? Leg je antwoord uit.
Bij een dubbele bloedsomloop is de stroomsnelheid in de organen hoger, omdat het bloed met meer kracht door heel het lichaam wordt gepompt. Bij een enkele bloedsomloop stroomt het bloed eerst door de gaswisselingsorganen. Hierna stroomt het bloed met veel minder druk verder door het lichaam.
- b Wat is het verschil in functie tussen de kleine en de grote bloedsomloop?
De kleine bloedsomloop zorgt voor de opname van zuurstof in het bloed en de afgifte van koolstofdioxide. Terwijl de grote bloedsomloop zuurstof afgeeft aan cellen en koolstofdioxide opneemt in het bloed.

13

- Het hart van een vis heeft een boezem en een kamer.
- a Bevat de hartkamer van een vis zuurstofrijk of zuurstofarm bloed?
De hartkamer van een vis bevat zuurstofarm bloed.
- b Het hart van een amfibie heeft twee boezems en een kamer.
Bevat het bloed in de hartkamer van een amfibie meer of minder zuurstof dan het bloed in de hartkamer van een vis? Leg je antwoord uit.
Het bloed in de hartkamer van een amfibie bevat meer zuurstof dan het bloed in de hartkamer van een vis. Bij een amfibie wordt zuurstofrijk en zuurstofarm bloed gemengd in de hartkamer, dus is het zuurstofgehalte hoger dan bij enkel zuurstofarm bloed.

INZICHT

14

Vogels en kevers hebben een heel verschillend circulatiesysteem. Vogels hebben net als zoogdieren een dubbele gesloten bloedsomloop, terwijl krekels net als een sprinkhaan een open circulatiesysteem hebben.

Waarom hebben vogels en kevers een verschillend circulatiesysteem nodig? Geef twee redenen.

- Een vogel is (meestal) groter dan een kever.
- Een vogel is warmbloedig, een kever is koudbloedig.

15

Harten van amfibieën, reptielen, zoogdieren en vogels hebben twee boezems.

- a Geef hiervoor een verklaring.
De harten van deze diergroepen hebben (een begin van) een dubbele bloedsomloop met huid- en/of longademhaling. Het bloed uit de grote en kleine bloedsomloop verzamelt zich in een aparte boezem.

- b Het hart van een amfibie bestaat uit drie ruimten: een linkerboezem, een rechterboezem en een kamer.

Welke ruimte van het hart is bij een amfibie het meest gespierd? Leg je antwoord uit.

De kamer is het meest gespierd. De boezems ontvangen bloed en pompen dat naar de kamer. De kamer van het hart moet het bloed naar de longen en de organen pompen.

- c Leg uit dat zuurstofarm bloed en zuurstofrijk bloed beter worden gescheiden in een reptielenhart dan in een amfibieënhart.

In een amfibieënhart worden zuurstofarm bloed en zuurstofrijk bloed volledig gemengd en naar de longen en het lichaam geperst. Bij een reptielenhart zorgt een tussenschot in de harkamer voor een betere scheiding.

- d Licht het verband toe tussen de bouw van de bloedsomloop bij de verschillende groepen gewervelden en de intensiteit van de stofwisseling.

De aanpassingen in de bouw van het hart en van de bloedsomloop staan een betere zuurstofvoorziening toe en dus een hogere intensiteit van de stofwisseling (in oplopende volgorde van vissen naar amfibieën, reptielen, vogels en zoogdieren).

16

Rondom Antarctica is het water erg koud. Je zou dan ook verwachten dat hier weinig vissen leven. Toch zijn er vissen die zijn aangepast aan deze extreme temperaturen. Zo hebben zij bijvoorbeeld een relatief groot hart, meer bloed en een dicht bloedvatennetwerk.

Leg uit wat het belang van deze aanpassingen is voor het overleven van vissen in zeer koud water.

Die aanpassingen zijn van belang, zodat vissen toch voldoende zuurstof naar spieren/cellen kunnen vervoeren op het moment dat zij actief moeten zijn, zoals bij het achtervolgen van prooien, of bij het ontsnappen aan predatoren.

17

In afbeelding 16 zie je het hart van een krokodil. Een krokodil heeft twee aorta's: een linkeraorta die is verbonden met de rechterkamer en een rechteraorta die is verbonden met de linkerkamer. Tussen de aorta's bevindt zich de opening van Panizza. Hierdoor kan bloed van de linker- naar de rechteraorta stromen.

Een krokodil kan de bloedstroom vanuit de rechterkamer reguleren door meer bloed richting de longen te sturen of meer bloed naar de linkeraorta.

- a Zal bij een krokodil bloed door de opening van Panizza stromen tijdens ademen boven water of tijdens het duiken? Leg je antwoord uit.

Als een krokodil duikt, dan verplaatst bloed zich via de opening van Panizza van de linker- naar de rechteraorta. Tijdens het duiken hoeft er minder bloed naar de longen te stromen en pompt de rechterkamer daarom meer bloed in de linkeraorta dan tijdens ademen boven water. De druk in de linkeraorta neemt dan toe, waardoor er bloed door de opening van Panizza naar de rechteraorta stroomt. Op deze manier kan de krokodil langer doen met de hoeveelheid zuurstof in zijn longen en kan hij langer onder water blijven.

- b De rechteraorta is verbonden met de hersenen en het hart, terwijl de linkeraorta is verbonden met het verteringsstelsel.

Leg uit waarom het belangrijk is dat de hersenen en het hart bloed ontvangen vanuit de rechteraorta.

De rechteraorta ontvangt bloed van de linkerkamer, dit bloed is zuurstofrijk. De hersenen en het hart zijn organen die veel zuurstof verbruiken en daarom dit zuurstofrijke bloed nodig hebben.

- c Zowel zoogdieren als vogels ontstonden tijdens de evolutie vanuit reptielen. Een reptielenhart heeft twee aorta's. Zowel zoogdieren als vogels hebben er slechts één overgehouden. Bij zoogdieren maakt de aorta een boog naar links en bij vogels een boog naar rechts. Ondanks dat de aorta bij zoogdieren ook een boog naar links maakt, verschilt deze toch wezenlijk van de linkeraorta van een reptiel.

Noem een verschil tussen de aorta van een zoogdier en linkeraorta van een reptiel.

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- De aorta van een zoogdier is verbonden met de linkerkamer in plaats van met de rechterkamer, zoals bij de linkeraorta van een reptiel.
- De aorta van een zoogdier bevat zuurstofrijk bloed in plaats van zuurstofarm bloed, zoals de rechteraorta van een reptiel.

Context Longvissen

18

- a Wat betekent het begrip '*missing link*'?
Zoek het begrip eventueel op internet.
Een (uitgestorven) soort die de gemeenschappelijke voorouder tussen twee bestaande soorten of groepen zou moeten zijn. Meestal zijn er geen fossielen of levende individuen van deze soort, maar op basis van de evolutietheorie kun je afleiden dat de soort moet hebben geleefd.
- b Een longvis kan het droogtseizoen overleven tijdens een soort winterslaap.
Leg uit welke verandering dan zal plaatsvinden in de stofwisseling van een longvis.
De stofwisseling zal afnemen en de longvis zal zo min mogelijk energie verbruiken en zo zuinig mogelijk met alle binnengekregen voedingstoffen omgaan.
- c Hoe kun je uit de bouw van het hart van een longvis afleiden dat hij een dubbele bloedsomloop heeft?
Het hart van een longvis heeft twee boezems, dus het ontvangt vanuit twee omlopen bloed.
- d Waarom krijgt de rechterkant van het hart van een longvis minder zuurstof?
De rechterkant van het hart ontvangt alleen zuurstofarm bloed vanuit de organen, terwijl de linkerkant van het hart zuurstofrijk bloed vanuit de kieuwen en longen ontvangt.
- e Afbeelding 18 laat schematisch de bloedsomloop van een volwassen longvis zien. Enkele bloedvaten zijn genummerd.
Bevatten deze bloedvaten zuurstofrijk, zuurstofarm of gemengd bloed? Noteer de cijfers onder elkaar en je antwoord daarachter.
- 1 = zuurstofarm
2 = zuurstofrijk
3 = gemengd
4 = zuurstofrijk

3 Het hart

KENNIS

19

Afbeelding 21 is een schematische tekening van een deel van het hart. De beide boezems en de aansluitende bloedvaten zijn weggelaten.

Noteer de namen van de genummerde onderdelen.

- 1 = kransslagader
- 2 = (wand van de) aorta
- 3 = (wand van de) longslagader
- 4 = halfemaanvormige kleppen (in de aorta)
- 5 = hartkleppen

20

Als je alcohol drinkt, dan wordt deze stof door je darmen opgenomen in je bloedbaan. Via je bloed verspreidt de alcohol zich onder andere naar je hersenen.

Noteer in de juiste volgorde de onderdelen van het hart waar een alcoholmolecuul doorheen stroomt van de darmen naar de hersenen. Ga uit van de kortst mogelijke route.

rechterboezem – rechterkamer – linkerboezem – linkerkamer

21

Bloeddruk ontstaat doordat het hart het bloed met kracht wegpompt.

- a Is de bloeddruk hoger aan het begin van de aorta of aan het begin van de longslagader? Leg je antwoord uit.

De bloeddruk is hoger aan het begin van de aorta, want de linkerkamer pompt het bloed met meer kracht weg dan de rechterkamer.

- b Karst beweert dat de linkerkamer in het hart groter is dan de rechterkamer, omdat deze meer bloed wegpompt.

Heeft Karst gelijk? Leg je antwoord uit.

Nee, Karst heeft geen gelijk. De linkerkamer van het hart heeft een meer gespierde wand, omdat deze het bloed met meer kracht moet wegpompen. Het volume dat door linker- en rechterkamer wordt weggepompt is wel ongeveer gelijk om een gelijkmatige doorstroom in alle vaten te behouden.

22

Gedurende een hartslag verandert het volume van de hartkamers.

- a Tijdens welke fase van de hartslag is het volume van de hartkamers het kleinst? Leg je antwoord uit.

Aan het einde van de kamersystole is het volume van de hartkamers het kleinst, omdat dan zoveel mogelijk bloed de aorta en longslagader(s) is ingepompt.

- b Tijdens welke fase van de hartslag is het volume van de kamers het grootst? Leg je antwoord uit.

Aan het einde van de boezemsystole is het volume van de kamers het grootst, omdat dan zoveel mogelijk bloed de kamers in is gepompt.

23

De harttonen worden veroorzaakt door het sluiten van de kleppen in het hart.

- a Op welk moment in een ecg hoor je de eerste harttoon? Geef ook aan door het sluiten van welke kleppen deze wordt veroorzaakt.

Tijdens het QRS-complex hoor je de eerste harttoon, deze wordt veroorzaakt door het sluiten van de hartkleppen tijdens de kamersystole.

- b Op welk moment in een ecg hoor je de tweede harttoon? Geef ook aan door het sluiten van welke kleppen deze wordt veroorzaakt.
Tijdens de T-golf hoor je de tweede harttoon, deze wordt veroorzaakt door het sluiten van de halvemaanvormige kleppen tijdens de hartrust.

24

Als maat voor de hoeveelheid arbeid die een hart verricht, wordt meestal het hartminuutvolume gebruikt. Dit is de hoeveelheid bloed die per minuut door de linkerkamer in de aorta wordt geperst.

- a Bereken het gemiddelde hartminuutvolume van een volwassene in rust.
Het gemiddelde minutenvolume van een volwassene in rust ligt tussen $(70 \times 70 \text{ mL} =) 4,9 \text{ L}$ en $(70 \times 100 \text{ mL} =) 7 \text{ L}$.
- b Bij sportmensen blijkt de hartslagfrequentie bij toenemende inspanning gedurende een trainingsperiode soms weinig of niet te stijgen.
Door welke verandering in de hartwerking wordt dan toch het hartminuutvolume vergroot?
Bij sportmensen in training kan het hartminuutvolume worden vergroot, doordat het slagvolume groter wordt. De samentrekking van het hartspierweefsel wordt dan krachtiger.
Na een trainingsperiode kan dan bij grotere inspanning het hartritme vrijwel gelijk blijven.

INZICHT

25

Je hoort mensen weleens zeggen dat het hart een autonoom orgaan is. Autonoom betekent zelfsturend.

Leg uit waarom deze term van toepassing is op het hart.

Een hart genereert zelf (via de sinusknop/pacemakercellen) de impulsen die het samentrekken van het hartspierweefsel veroorzaken. Dit zou je autonoom of zelfsturend kunnen noemen.

26

Wie heeft de grootste hartslagfrequentie: een olifant, een mens of een muis?

Leg uit hoe dit komt.

Een muis heeft de grootste hartslagfrequentie. De intensiteit van de dissimilatie is bij kleine dieren groter. Kleine dieren hebben bijvoorbeeld meer energie nodig om warm te blijven door de kleinere verhouding tussen lichaamsvolume en lichaamsoppervlak.

27

- a Waarom is het voor de werking van het hart belangrijk dat tijdens de kamersystole eerst de hartkleppen sluiten voordat de halvemaanvormige kleppen opengaan?

Tijdens de systole van de kamers gaan eerst de hartkleppen dicht en daarna gaan de halvemaanvormige kleppen open, zodat er in de hartkamers voldoende druk kan worden opgebouwd. Als de systole van de kamers begint, gaan de hartkleppen vrijwel direct dicht. De halvemaanvormige kleppen gaan pas open als de druk in de kamers hoger is geworden dan de druk in de aorta en in de longslagader.

- b Bij iemand met een lekkende hartklep neemt het slagvolume af.

Leg uit hoe dit kan.

Bij een lekkende hartklep stroomt er tijdens de kamersystole bloed vanuit de kamer naar de boezem. Hierdoor kan er minder druk worden opgebouwd in de kamer en wordt er minder bloed naar de aorta of longslagader(s) gepompt. Dit betekent dat het slagvolume van het hart kleiner is.

28

Het hart, normaal en afwijkend

Naar: Voorronde Biologie Olympiade Bovenbouw 2019, vraag 15 t/m 17.

Het hartminuutvolume (HMV) is de hoeveelheid bloed die per minuut door het hart wordt gepompt. Het hartminuutvolume is het product van het slagvolume en de hartslagfrequentie. Omdat het slagvolume moeilijk is te meten, wordt een andere manier gebruikt om het HMV te berekenen, zie de formule in afbeelding 27.

De gegevens in tabel 1 werden gemeten bij een gezond persoon tijdens rust en tijdens inspanning.

Hierover worden de volgende beweringen gedaan:

- I Het hartminuutvolume is tijdens inspanning twee keer zo groot als tijdens rust.
- II Het slagvolume is tijdens inspanning groter dan tijdens rust.
- III De hoeveelheid zuurstof die per minuut aan de weefsels wordt afgegeven, is tijdens inspanning drie keer zo groot als tijdens rust.
- IV Het aantal hartslagen dat nodig is om de weefsels tijdens inspanning van 3000 mL zuurstof te voorzien is 240.

- a Welke bewering is of welke beweringen zijn juist? Noteer de cijfers.

I en IV zijn juist.

(II is onjuist, want bij inspanning is het hartminuutvolume: $1500 / 150 = 10$ L/min.

$10 \text{ L} = 10\,000 \text{ mL}$

Het slagvolume is het hartminuutvolume gedeeld door de hartslagfrequentie,

$10\,000 / 120 = 83,3 \text{ mL per slag}$.

Bij rust is het hartminuutvolume even groot: $250 / 50 = 5$ L/min, $5 \text{ L} = 5000 \text{ mL}$,

$5000 / 60 = 83,3 \text{ mL per slag}$.

III is onjuist, want niet alleen is bij inspanning het zuurstofverschil groter, maar ook het hartminuutvolume is groter. Dus het verschil is groter dan drie keer zoveel.)

- b Afbeelding 28 geeft de relatie weer tussen de druk en het bloedvolume in de linkerkamer tijdens een hartcyclus. A, B, C en D geven momenten tijdens de hartcyclus weer.

Hierover worden de volgende beweringen gedaan:

- I Bij B wordt de linkerhartklep (mitralisklep) geopend.
 - II De uitstroom van bloed uit de linkerkamer eindigt bij D.
 - III Als de aortaklep vernauwd is, ligt punt D hoger.
 - IV Tussen C en D stroomt er geen bloed van de linkerboezem naar de linkerkamer.
- Geef voor iedere bewering aan of deze juist of onjuist is.

I onjuist, II juist, III juist en IV juist

(Uitleg:

I is onjuist, want bij B start het samentrekken van de kamers en sluiten juist de hartkleppen.

II is juist, want door het samentrekken van de kamer neemt het volume af, maar blijft de druk hoog.

III is juist, want als de aortaklep nauwer wordt, dan neemt de druk in de linkerkamer toe.

IV is juist, want tussen C en D trekken de kamers samen en dan zijn de hartkleppen gesloten, waardoor er geen bloed van de boezems naar de kamers stroomt.)

- c In afbeelding 29 staan vier typen van algemeen voorkomende afwijkingen aan het hart en de bloedvaten rondom het hart. De cirkel geeft aan waar de afwijking is te zien.

Over de vier typen worden de volgende beweringen gedaan, waarbij steeds wordt vergeleken met een normaal hart:

- I Bij type 1 moet de rechterkamer meer arbeid verrichten.
- II Bij type 2 is het slagvolume van de linkerkamer groter.
- III Bij type 3 is de systolische bloeddruk in de armen hoger.
- IV Bij type 4 is de bloeddruk in de longen hoger.

Geef voor iedere bewering aan of deze juist of onjuist is.

I juist, II onjuist, III juist, IV juist

(Uitleg:

I is juist, want door de vernauwing in de longslagader moet de rechterkamer meer kracht leveren om voldoende bloed naar de longen te krijgen.

II is onjuist, want bij type 2 stroomt een deel van het bloed vanuit de longader in de rechterboezem en stroomt er ook een deel van het bloed vanuit de rechterboezem in de longader. Daardoor blijft het slagvolume van de linker- en rechterkamer gelijk.

III is juist, want er gaat in verhouding minder bloed naar het dalende deel van de aorta, waardoor er meer bloed naar de halsslagader en armslagaders gaat en daar de systolische druk toeneemt.

IV is juist, want er stroomt ook bloed vanuit de aorta naar de longslagader, waardoor er meer bloed naar de longen stroomt per hartslag en daar de bloeddruk toeneemt.)

29

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, kan het hartritme worden ondersteund met behulp van een pacemaker. Deze herstelt het normale hartritme met elektrische impulsen.

- a Met welk deel van het prikkelgeleidingssysteem van het hart kun je een pacemaker het best vergelijken? Leg je antwoord uit.

Met de sinusknoop, want een pacemaker geeft zelf elektrische signalen af en bepaalt daarmee de hartslagfrequentie.

- b Waar zal een patiënt meer last van hebben: hartritmestoornissen van de boezem of hartritmestoornissen van de kamer? Leg je antwoord uit.

Een patiënt zal meer last hebben van hartritmestoornissen van de kamer, want als de kamers niet goed samentrekken, dan stroomt er minder bloed met zuurstof en voedingsstoffen naar al je organen.

Context Cardioloog

30

Om cardioloog te worden, moet je eerst de opleiding geneeskunde doen en je daarna specialiseren.

- a Welk opleidingstraject moet je na de opleiding geneeskunde volgen om cardioloog te kunnen worden? Maak eventueel gebruik van internet.

Eerst doe je de vooropleiding interne geneeskunde en daarna het basiscurriculum en verdieping in cardiologie.

- b Welke kwaliteiten heeft iemand nodig om een goede cardioloog te worden? Noem er minimaal drie.

Voorbeelden van juiste antwoorden zijn:

- verstand hebben van biologie
- gespreksvaardigheden beheersen
- discipline hebben
- doorzettingsvermogen hebben
- over analytische vaardigheden beschikken

31

Krijn heeft last van een gezonde hartruis. Hartruis wordt vaker veroorzaakt door een probleem met de hartkleppen.

- a Wat is er mis met de hartkleppen als iemand last heeft van hartruis?

Leg uit wat hiervan voor de patiënt het gevolg is.

Hartruis wordt meestal veroorzaakt doordat de hartkleppen niet goed sluiten. Bloed lekt dan tijdens de kamersystole terug naar de boezems of tijdens de hartrust terug naar de kamers. Hierdoor wordt het bloed minder efficiënt rondgepompt.

- b Eric Heijmen moet als cardioloog aan de 5-jarige Krijn uitleggen wat het verschil is tussen een elektrocardiogram en een echocardiogram. Hij wil hierin ook uitleggen wat deze twee cardiogrammen zeggen over het functioneren van Krijns hart.
Wat is een mogelijke uitleg die Eric aan Krijn kan geven? Zorg ervoor dat je antwoord wel biologisch juist is.

Voorbeeld van een mogelijk antwoord:

Een elektrocardiogram geeft de elektrische signalen in je hart weer die zorgen dat je hart klopt. Hieraan kan ik zien of je hart in een goed ritme klopt. Een echocardiogram is een filmpje van je hart waarbij ik kan zien of de kleppen in je hart wel goed sluiten.

- c Een echocardiogram kun je op twee manieren maken: via de borstkas of vanuit de slokdarm. Als een arts denkt dat er een probleem met de halvemaanvormige kleppen in de aorta is, dan wordt een echocardiogram vanuit de slokdarm gemaakt.

Leg uit waarom dit is.

De (halvemaanvormige kleppen in de) aorta liggen aan de achterzijde van het hart tegen de slokdarm aan. Door vanuit daar een echo te maken, liggen er minder andere weefsels in de weg.

4 Het bloedvatenstelsel

KENNIS

32

- a Bevatten alle slagaders zuurstofrijk bloed? Leg je antwoord uit.
Nee, niet alle slagaders bevatten zuurstofrijk bloed, de longslagaders bevatten zuurstofarm bloed.
- b Leg uit hoe het komt dat je aan de bloedvaten in je hals wel je hartritme kunt voelen en aan de meeste andere bloedvaten in je lichaam niet.
De meeste bloedvaten die je vlak onder de huid ziet liggen, zijn aders. In de hals (maar ook in de pols) bevinden zich de slagaders vlak onder de huid. Slagaders 'kloppen', doordat hier het bloed stootsgewijs doorheen stroomt, wat bij aders niet het geval is.

33

- De hormonen insuline en glucagon regelen de opname en afgifte van glucose door de lever.
- a Via welk bloedvat bereiken deze alvleesklierhormonen de lever?
Deze alvleesklierhormonen bereiken de lever via de alvleesklierader, onderste holle ader, rechterboezem, rechterkamer, longslagader, longhaarvaten, longader, linkerboezem, linkerkamer, aorta en leverslagader.
- b Is het bloed in de poortader zuurstofrijk of zuurstofarm? Leg je antwoord uit.
Het bloed in de poortader is zuurstofarm. In het darmkanaal is veel zuurstof verbruikt bij de resorptie van voedingsstoffen en verteringsproducten.
- c Waarom heeft het bloed in de poortader een wisselend glucosegehalte?
Het bloed in de poortader heeft een wisselend glucosegehalte, omdat de hoeveelheid glucose in het bloed afhankelijk is van de geresorbeerde voedingsstoffen in de darmen. Afhankelijk van hoeveel koolhydraten er in een maaltijd zitten, kan het gehalte sterk stijgen, of dalen als je lang niets eet met koolhydraten erin.
- d Heeft het bloed in de leverader een wisselend of redelijk constant glucosegehalte? Leg je antwoord uit.
Het bloed in de leverader heeft een redelijk constant glucosegehalte. De lever neemt, onder invloed van hormonen uit de alvleesklier, meer of minder glucose op uit het bloed, waardoor het bloed dat de lever verlaat een redelijk constant glucosegehalte heeft.

34

- Voor de geboorte stroomt maar weinig bloed vanuit de rechterkamer naar de longen. Het grootste deel stroomt naar de aorta.
- a Beschrijf twee manieren waarop bloed voor de geboorte vanuit de rechterharthelft naar de aorta stroomt.
Een deel van het bloed stroomt vanuit de rechterboezem direct naar de linkerboezem en vandaar via de linkerkamer naar de aorta. Een ander deel stroomt via de rechterkamer, de longslagader en het ductus Botalli naar de aorta.
- b Bij sommige kinderen vergroeit na de geboorte de klep die het foramen ovale afsluit niet goed. Er blijft dan bloed van de rechterboezem naar de linkerboezem stromen. Wordt hierdoor het zuurstofgehalte van het bloed in de aorta hoger of lager? Leg je antwoord uit.
Het zuurstofgehalte van het bloed in de aorta wordt dan lager, want er komt zuurstofarm bloed uit de rechterboezem in de linkerboezem terecht en vervolgens in de aorta.

35

- a Welk bloedvat bevat bij een foetus bloed met het hoogste zuurstofgehalte?
De navelstrengader en de onderste holle ader bevatten bloed met het hoogste zuurstofgehalte.

- b Welk bloedvat bevat bij een baby na de geboorte het hoogste zuurstofgehalte?
De longaders bevatten bij baby's na de geboorte het hoogste zuurstofgehalte.
- c Is de bloeddruk in de aorta voor de geboorte hoger of lager dan de druk in de longslagader?
Voor de geboorte is de bloeddruk in de aorta lager dan in de longslagader. Voor de geboorte stroomt er bloed vanuit de longslagader de aorta in, dat kan alleen als daar de druk lager is.

INZICHT

36

Wanneer iemand een alcoholische drank drinkt, kun je korte tijd daarna alcohol in het bloed aantonen. Een klein deel van de alcohol wordt via de maag opgenomen in het bloed, de rest via de dunne darm. Alcohol wordt door enzymen in de lever afgebroken, waardoor de alcoholconcentratie in het bloed afneemt.

- a Hoe komt een alcoholmolecuul vanuit je drinken in de lever terecht?
Een alcoholmolecuul komt met het drinken terecht via je mond in de maag en darmkanaal. In de maag en dunne darm wordt het molecuul opgenomen in de bloedbaan en komt terecht in de haarvaten van de maag en de dunne darm. Vervolgens stroomt het met het bloed mee naar de poortader en dan naar de haarvaten van de lever.
- b Alcohol zorgt ervoor dat je dronken wordt. Om je dronken te kunnen maken, moeten de alcoholmoleculen je hersenen bereiken.
Door welke bloedvaten en hartdelen gaat een alcoholmolecuul dat via de kortste weg van de wand van de dunne darm naar de hersenen gaat?
De kortste weg van de wand van de dunne darm naar de hersenen gaat door de haarvaten van de darm, naar de poortader, haarvaten van de lever, de leverader, de onderste holle ader, de rechterboezem, de rechterkamer, en de longslagader, haarvaten in de longen, de longader, de linkerboezem, de linkerkamer, de aorta, de halsslagaders naar de haarvaten van de hersenen.
- c Sommige medicijnen worden door de lever afgebroken, net zoals alcohol. Het is dan niet handig om deze medicijnen oraal toe te dienen.
Waarom kun je deze medicijnen wel als zetpil toedienen?
Bloed dat afkomstig is van de wand van de endeldarm wordt afgevoerd via de beenader en gaat niet via de poortader door de lever. Wanneer je een medicijn als zetpil neemt, dan verspreidt het zich al over het lichaam voordat het bij de lever komt.

37

Afbeelding 35 is een schematische weergave van de bloedsomloop bij een foetus.

- a Hoe heet het bloedvat dat is aangegeven met P?
Het bloedvat dat is aangegeven met P heet ductus Botalli.
- b Hoe heet het bloedvat dat is aangegeven met Q?
Het bloedvat dat is aangegeven met Q heet navelstrengslagader.
- c Varieert het glucosegehalte van het bloed in de poortader van een foetus meer of minder dan dat van een pasgeboren baby? Leg je antwoord uit.
Bij een foetus varieert het glucosegehalte van het bloed in de poortader minder dan dat van een pasgeboren baby, omdat bij een foetus de voedingsstoffen zoals glucose worden opgenomen vanuit de placenta en niet vanuit de darmen.

38

Mensen hebben een dubbele bloedsomloop, maar een foetale bloedsomloop voldoet niet helemaal aan de eisen voor een dubbele bloedsomloop.

- a Waarom kun je pas na de geboorte echt spreken van een dubbele bloedsomloop? Leg je antwoord uit.

In de foetale bloedsomloop hoeft het bloed niet tweemaal per omloop door het hart te komen. Het bloed kan vanuit de rechterharthelft naar de linkerharthelft zonder door de longen te gaan. Hierdoor kan het bloed een complete omloop maken en toch maar één keer door het hart komen.

- b Voor de geboorte pompt de rechterkant van het hart meer bloed weg per slag dan de linkerkant.

Zal dit verschil tussen de beide harthelften na de geboorte veranderen? Leg je antwoord uit.

Ja, dit zal na de geboorte veranderen. Na de geboorte pompen beide hartkamers een gelijke hoeveelheid bloed per hartslag weg. Als de hoeveelheid van de linker- en rechterkamer niet gelijk zou zijn, dan zou er ergens in de bloedsomloop een ophoping van bloed ontstaan. Gemiddeld moet het volume per hartslag van de kamers dus wel gelijk zijn.

- c De veranderingen in het hart en de bloedsomloop hebben ook gevolgen voor de bloeddruk in de aorta.

Hoe verandert de bloeddruk in de aorta door deze veranderingen? Leg je antwoord uit.

De bloeddruk in de aorta neemt toe. De linkerkant van het hart ontvangt meer bloed vanuit de longaders en kan daardoor meer bloed wegpompen, waardoor de bloeddruk in de aorta toeneemt.

39

Aan vrouwen wordt tijdens de zwangerschap geadviseerd om extra foliumzuur (vitamine B11) te slikken. Deze voedingsstof versterkt de ontwikkeling van het zenuwstelsel van het ongeboren kind.

Via welke bloedvaten en hartdelen gaat een foliumzuurmolecuul dat wordt opgenomen in de darmen van de moeder en terechtkomt in de hersenen van de foetus? Ga uit van de kortste route. Noem de bloedvaten en hartdelen in de juiste volgorde en geef aan of ze bij de moeder of bij de foetus horen.

Bij de moeder: darmhaavaten – poortader – leverhaavaten – leverader – onderste holle ader – rechterboezem – rechterkamer – longslagader – longhaavaten – longader – linkerboezem – linkerkamer – aorta – placentaslagader – haavaten van de placenta – naar de foetus.

Bij de foetus: haavaten van de placenta – navelstrengader – onderste holle ader – rechterboezem – linkerboezem – aorta – halsslagader – hersenhaavaten.

Context Hartoperatie in de baarmoeder

40

De moeder krijgt tijdens de operatie pijnmedicatie toegediend en medicijnen om rustig te blijven. Bij deze toediening moet je rekening houden met het effect van deze medicijnen op de baby. De medicatie dien je meestal toe via een infuus in de arm en moet effect hebben in de hersenen en spieren.

- a Via welke bloedvaten en hartdelen bereikt de pijnmedicatie de hersenen van de moeder?

Armader – bovenste holle ader – rechterboezem – rechterkamer – longslagader – longhaavaten – longader – linkerboezem – linkerkamer – aorta – halsslagader – hersenhaavaten.

- b Hoe kan de pijnmedicatie vanuit de bloedsomloop van de moeder terechtkomen in de bloedsomloop van de foetus?
De pijnmedicatie kan zich door middel van diffusie vanuit bloedvaten van de moeder in de placenta verplaatsen naar bloedvaten van de foetus in de placenta. Zo wordt de medicatie overgedragen van de bloedsomloop van de moeder naar de foetale bloedsomloop.
- c In afbeelding 37 zie je een foetaal hart met HLHS.
Welke bloedvaten of hartdelen zijn aangegeven met de cijfers?
1 = aorta
2 = foramen ovale
3 = ductus Botalli
4 = linkerkamer
- d In sommige gevallen is de linkerkamer in een vroeg stadium van de zwangerschap al te klein, waardoor een prenatale operatie niet mogelijk is (zie afbeelding 37). Zo'n kindje wordt dan geboren met HLHS.
Waarom zal een kindje dat wordt geboren met HLHS waarschijnlijk kort na geboorte overlijden?
Door de afwijkingen aan het hart en aan de aorta gaat er te weinig bloed met zuurstof en voedingstoffen naar de kransslagaders (en organen). Door een gebrek aan zuurstof in de hartspier zal het hart stoppen met kloppen.
- e Tijdens de prenatale hartoperatie wordt een ballonnetje opgeblazen in de linkerkant van het hart om de doorstroom in het hart te herstellen.
In welk van de genummerde delen in het hart van afbeelding 37 zal dit ballonnetje worden opgeblazen? Leg je antwoord uit.
Bij onderdeel 1 omdat dan de aorta groter wordt gemaakt en er meer bloed doorheen kan stromen. Bij onderdeel 4 omdat er dan bloed naar de linkerkamer kan stromen, zodat dit in de aorta kan worden gepompt.

5 De bloedvaten

KENNIS

41

Vul de tabel in. Gebruik hiervoor *BiNaS* tabel 84C.

Kies bij 1 uit: *van de organen naar het hart – van het hart naar de organen – in de organen*.

Kies bij 2 uit: *hoog – laag – heel laag*.

Kies bij 3 uit: *dik, stevig en elastisch – dun en weinig elastisch – één cellaag dik*.

Kies bij 4 uit: *gelijkmatig – gelijkmatig – stootsgewijs (kloppend)*.

Kies bij 5 uit: *overal verspreid in het lichaam – diep in het lichaam – minder diep in het lichaam*.

Kies bij 6 uit: *aanwezig wanneer bloed tegen de zwaartekracht in omhoog wordt vervoerd – niet aanwezig, behalve halvemaanvormige kleppen – niet aanwezig*.

	Slagaders	Haarvaten	Aders
1 Het bloed stroomt	van het hart naar de organen	in de organen	van de organen naar het hart
2 De bloeddruk is	hoog	laag	heel laag
3 De wand is	dik, stevig en elastisch	één cellaag dik	dun en weinig elastisch
4 De bloedstroom is	stootsgewijs (kloppend)	gelijkmatig	gelijkmatig
5 Ze liggen meestal	diep in het lichaam	overal verspreid in lichaam	minder diep in het lichaam
6 Kleppen zijn	niet aanwezig, behalve halvemaanvormige kleppen	niet aanwezig	aanwezig wanneer bloed tegen de zwaartekracht in omhoog wordt vervoerd

42

In de wand van de vertakkingen van slagaders bevindt zich spierweefsel.

a Wat is de functie van dit spierweefsel?

De functie van het spierweefsel in de wand van de vertakkingen van slagaders is het regelen van de hoeveelheid bloed die door een bepaald weefsel stroomt.

b Kyra gaat hardlopen.

Hoe verandert de spierspanning in de wand van de slagadertjes in haar beenspieren?

Leg uit welk effect dit heeft.

De spierspanning in de wand van de slagadertjes van beenspieren zal afnemen. Hierdoor stroomt er meer bloed naar de beenspieren van Kyra, waardoor de aan- en afvoer van stoffen naar haar beenspieren verbetert en Kyra beter kan hardlopen.

c Bij atleten bevinden zich in de spieren veel meer haarvaten dan bij mensen die niet aan sport doen.

Leg uit welk voordeel dit heeft.

Door het grote aantal haarvaten in de spieren kunnen goed getrainde atleten bij lichamelijke inspanning veel bloed door hun spieren laten stromen. De spieren krijgen hierdoor een efficiëntere aanvoer van voedingsstoffen en afvoer van afvalstoffen, waardoor de spieren tot grotere prestaties in staat zijn.

43

In afbeelding 40 zie je de verdeling van de totale bloedstroom over verschillende organen in rust en bij activiteit.

a Waarom neemt bij activiteit de bloedstroom in de richting van het verteringsstelsel en de nieren af?

De bloedstroom in de richting van het verteringsstelsel en de nieren neemt af bij activiteit, omdat zij bij lichamelijke inspanning minder actief zijn. Op deze manier kan er meer bloed in de richting van de spieren worden gestuurd die wel actief zijn.

- b Waarom neemt bij inspanning de doorbloeding van de huid toe? Leg je antwoord uit.
Bij inspanning vindt er meer verbranding plaats, hierdoor stijgt de lichaamstemperatuur. Om het lichaam weer af te laten koelen, neemt de doorbloeding van de huid toe. Zo kun je meer warmte afstaan aan de omgeving.

44

Het spierweefsel in de wand van de kleine slagaders naar de skeletspieren trekt bij een persoon in een groot deel van het lichaam plotseling samen.

Welk effect heeft dit op de bloeddruk?

Door het samentrekken van het spierweefsel in de wand van veel kleine slagaders wordt de bloeddruk hoger.

45

Waarom heeft een verstopping van een kleine slagader in de meeste weefsels geen directe gevolgen?

De meeste weefsels ontvangen bloed uit veel verschillende kleine slagaders. Als er een verstopt raakt, dan voeren de andere kleine slagaders nog voldoende bloed aan.

46

Stel je voor dat je opa van de huisarts te horen krijgt dat hij last heeft van hypertensie.

Geef je opa drie adviezen om zijn bloeddruk te verlagen.

Voorbeelden van juiste adviezen zijn:

- Eet minder zout.
- Eet minder vet.
- Beweeg meer.
- Stop met roken.
- Zorg voor voldoende ontspanning.

47

De gemiddelde bloeddruk neemt af van slagaders naar haarvaten naar aders.

- a Verklaar dat dit drukverloop noodzakelijk is voor de bloedstroming.

Door de gemiddeld afnemende druk van slagaders naar haarvaten naar aders stroomt het bloed in de juiste richting.

- b Is de bloeddruk in de longslagader lager dan, gelijk aan of hoger dan de bloeddruk in de aorta? Leg je antwoord uit.

De bloeddruk in de longslagader is lager dan de bloeddruk in de aorta, doordat de rechterkamer het bloed met minder kracht wegpompt dan de linkerkamer.

INZICHT

48

Imme verricht een bloeddrukmeting bij een persoon (zie afbeelding 46). In fase 1 is de manchet om de bovenarm aangebracht en opgepompt. Imme is nog niet begonnen met het laten leeglopen van de manchet.

- a Is de bloeddruk in de armader boven de manchet (gemeten ter hoogte van P) hoger of lager dan normaal? Leg je antwoord uit.

De bloeddruk is op dit moment lager. Door de manchet stroomt geen bloed meer naar de onderarmslagader en dus ook niet terug naar de armaders. Hierdoor bevindt zich minder bloed in de armader boven de manchet en is de bloeddruk laag.

- b Tijdens fase 2 neemt Imme vaatgeruis waar.

Leg uit hoe de bloeddruk in de onderarmslagader samenhangt met het vaatgeruis.

In fase 2 is de bloeddruk in de armslagader af en toe hoger dan de druk in de manchet.

Hierdoor stroomt er af en toe bloed naar de onderarm toe en dat is te horen als vaatgeruis.

- c Imme vergelijkt de bloeddruk in de armslagader in de bovenarm (gemeten ter hoogte van P) tijdens fase 1, 2 en 3 met elkaar.

Welke verandering in bloeddruk neemt zij waar? Leg je antwoord uit.

De bloeddruk in de armslagader ter hoogte van de schouder zal afnemen van fase 1 naar 2 naar 3. In fase 1 is de bloeddruk heel hoog, doordat er wel bloed naar toestroomt, maar het wordt daar tegengehouden door de manchet. Tijdens het meten neemt daar de druk af als er in fase 2 af en toe, en bij fase 3 continu weer bloed wegstroomt.

49

- a Is de regeling van het hartritme en de bloeddruk via zintuigcellen (sensoren) een voorbeeld van positieve of van negatieve terugkoppeling? Verklaar je antwoord.

De regeling van hartritme en bloeddruk is een voorbeeld van negatieve terugkoppeling. Bij een daling van de bloeddruk zal het hartritme gewoonlijk stijgen en andersom.

- b Leg uit welk belang het heeft dat de zintuigcellen voor de bloeddruk juist in de halsslagaders liggen.

Doordat de zintuigcellen voor de bloeddruk in de halsslagaders liggen, wordt een verandering van de bloeddruk in de slagaders naar het hoofd snel waargenomen. Door een snelle aanpassing van het hartritme wordt de bloeddruk in de bloedvaten in de hersenen zo constant mogelijk gehouden.

50

Het hormoon ADH beïnvloedt de hoeveelheid urine die je produceert. Doordat dit hormoon invloed heeft op de waterhuishouding, heeft het ook effect op je bloeddruk.

- a Wat is het effect van ADH op je bloeddruk? Leg je antwoord uit met behulp van BiNaS tabel 89.

ADH verhoogt je bloeddruk. Onder invloed van ADH neemt de waterresorptie in de nieren toe en produceer je minder urine. Er wordt dan meer water terug opgenomen in de bloedbaan, waardoor de druk op de vaatwand toeneemt.

- b Patiënten met een hoge bloeddruk hebben meer kans op een hartinfarct.

Leg uit waarom een hoge bloeddruk kan leiden tot een hartinfarct.

Bij hoge bloeddruk treedt er meer schade op aan de binnenwand van de bloedvaten. Deze schade zorgt ervoor dat stoffen zoals cholesterol en vetten gemakkelijk aan de wand kunnen hechten. Wanneer deze stoffen zich ophopen in kransslagaders, worden deze nauwer en neemt de kans op een hartinfarct toe.

51

Afbeelding 47 beschrijft een onderzoek naar de invloed van vitamine K2 op de vaatelasticiteit.

- a Verklaar het verband tussen slagaderverkalking en de elasticiteit van bloedvaten.

Bij slagaderverkalking ontstaat in de wand van de slagader een ophoping van cholesterol en kalkafzetting. Hierdoor wordt de slagaderwand minder elastisch en kan deze minder goed de druk van de hartwerking opvangen.

- b Leg uit waarom de controlegroep een placebo kreeg.

Een placebo is een niet-werkende stof die er als echt supplement uitziet. Daarmee kun je uitsluiten dat andere stoffen of de handeling van een tablet innemen de oorzaak zijn van een verbeterde conditie van de bloedvatwanden. Dit dient als controleproef (blanco).

- c Formuleer de conclusie voor dit onderzoek.

De hypothese is bevestigd. Toedienen van vitamine K2 kan slagaderverkalking voorkomen (en zelfs genezen).

Context Het hart van een vrouw

52

Het doel van het onderzoek is om eerder diagnosticeren van hart- en vaatziekten mogelijk te maken.

a Waarom is eerder diagnosticeren van belang?

Wanneer hart- en vaatziekten eerder worden gediagnosticeerd, dan is er nog minder schade aan de vaatwanden en zijn ze vaak gemakkelijker te behandelen.

b Hoe kan aderverkalking (atherosclerose) leiden tot hartfalen?

Bij atherosclerose vormen zich afzettingen/plaques aan de binnenkant van de vaatwanden. Hierdoor wordt de doorgang in deze bloedvaten smaller. De kans dat bloedpropjes de doorgang blokkeren neemt toe. Wanneer dit gebeurt in de kransslagaders, krijgt een deel van de hartspier onvoldoende zuurstof en voedingsstoffen. Dit kan leiden tot hartfalen en andere problemen met de werking van het hart.

c Wat is een biomarker?

Een biomarker is een indicator van een medische conditie die je kunt meten. In de tekst gaat het om een eiwit dat extra wordt aangemaakt wanneer er sprake is van atherosclerose.

d Dat GDF-15 een biomarker is, bleek pas toen de gegevens van mannen en vrouwen apart werden geanalyseerd. Uit de gezamenlijke analyse van beide seksen kwam dit eiwit niet als biomarker naar voren.

Hoe is het mogelijk dat een biomarker pas wordt herkend als je de gegevens apart analyseert?

Als vrouwen wel extra GDF-15 aanmaken, maar mannen niet, dan ligt de gemiddelde productie van dit eiwit bij een gezamenlijke analyse lager dan wanneer je alleen de gegevens van vrouwen analyseert. Hierdoor valt de hoeveelheid van dit eiwit bij een gezamenlijke analyse niet op als afwijkend ten opzichte van normaal.

e Hoe zou je kunnen onderzoeken of GDF-15 ontstaat als gevolg van aderverkalking of dat het aderverkalking veroorzaakt?

Mogelijke antwoorden:

- GDF-15 antagonist toedienen bij proefdieren die door genetische modificatie GDF-15 in hun lichaam maken.
- Een groep proefdieren kunstmatig GDF-15 toedienen (en een controlegroep een placebo geven) en kijken of er aderverkalking optreedt. Wanneer er meer aderverkalking optreedt bij de groep die GDF-15 krijgt toegediend, dan is er waarschijnlijk een oorzakelijk verband.

6 Weefselvloeistof en lymfe

KENNIS

53

De uitwisseling van vocht tussen bloedplasma en weefselvloeistof vindt plaats dankzij verschillende krachten.

- a Leg uit waardoor vocht aan het begin van de haarvaten uittreedt.

De bloeddruk veroorzaakt het uittreden van vocht. In het begin van de haarvaten is de bloeddruk hoger dan de colloïd-osmotische druk van de weefselvloeistof naar de haarvaten. Hierdoor treedt vocht uit de haarvaten.

- b Waarom noem je het uittreden van vocht uit de haarvaten 'filtratie'?

Alleen water en kleine moleculen stromen door de poriën in de haarvaten naar het weefsel. Celbestanddelen en grote eiwitmoleculen blijven in het plasma. (Het bloedplasma wordt gefiltreerd.)

54

- a Wat is de oorzaak dat een deel van het weefselvocht terug wordt opgenomen in de haarvaten?

De colloïd-osmotische druk, die ontstaat door een verschil in eiwitconcentratie, veroorzaakt de absorptie (terugopname) van weefselvloeistof in de haarvaten. De colloïd-osmotische druk van de weefselvloeistof naar de haarvaten is hier hoger dan de bloeddruk.

- b Dankzij filtratie, absorptie en afvoer via lymfevaten ontstaat er een voortdurende stroming in het weefselvocht.

Welke functie heeft de voortdurende stroming van weefselvloeistof?

De functie van de stroming van weefselvloeistof is het in stand houden van een concentratiegradiënt, zodat cellen via diffusie stoffen kunnen uitwisselen met de weefselvloeistof. Zuurstof en voedingsstoffen gaan naar de cellen toe en koolstofdioxide en andere afvalstoffen van de cellen af.

55

Gedurende de dag varieert de hoeveelheid weefselvloeistof die per minuut ontstaat.

Als je een liter water drinkt, neemt de hoeveelheid weefselvloeistof die wordt gevormd dab toe of af? Leg je antwoord uit.

Het water dat je drinkt wordt opgenomen in je bloedbaan. Hierdoor neemt de bloeddruk toe. Als de bloeddruk stijgt, dan neemt ook de productie van weefselvloeistof toe.

INZICHT

56

In een experiment wordt de bloeddruk in een haarvat ineens verhoogd.

Hoe verandert hierdoor het verschil in osmotische waarde tussen de weefselvloeistof en het bloedplasma in dit haarvat? Leg je antwoord uit.

Door het plotseling toenemen van de bloeddruk in een haarvat wordt het verschil in osmotische waarde tussen de weefselvloeistof en het bloedplasma groter. De osmotische waarde wordt veroorzaakt door de grotere eiwitten die in het bloedplasma achterblijven. Hoe meer bloedplasma uittreedt, hoe hoger de concentratie van eiwitten in het bloedplasma.

57

Tijdens een lange vliegreis kunnen passagiers last krijgen van vochtophoping rond de enkels en voeten.

- a Waarom hoopt weefselvocht zich vooral op rond de enkels en voeten?
Door weinig spieractiviteit (stilzitten in een vliegtuig) wordt er minder weefselvocht afgevoerd. Wanneer er minder weefselvocht wordt afgevoerd, dan hoopt het zich op rondom je enkels en voeten omdat dit het laagste punt is waar het vocht door de zwaartekracht naartoe wordt getrokken.
- b Leg uit dat dit weefselvocht weer verdwijnt als je van boord gaat.
Wanneer je van boord gaat, dan is er weer spieractiviteit in je benen. Bij samentrekking en verdikking van de beenspieren duwen deze op de aders en lymfevaten. Dit stimuleert de bloedstroom en de lymfestroom, waardoor overtollig vocht kan worden afgevoerd. De kleppen in de vaten verhinderen het terugstromen van bloed en lymfe.
- c De gemiddelde snelheid waarmee bloed zich verplaatst door het menselijk hart is 5 liter per uur. De gemiddelde stroomsnelheid van lymfe in een mens is ongeveer 5 liter per dag. Waarom stroomt lymfe zoveel trager dan bloed?
Bloed wordt rondgepompt door het hart en heeft hierdoor een veel hogere stroomsnelheid dan lymfe. Lymfe is voor de voortstuwing afhankelijk van het samentrekken van spieren rondom de lymfevaten.

58

Dierenartsen gebruiken voor bloedtransfusies bij dieren steeds vaker kunstbloed. Kunstbloed bestaat grotendeels uit een fysiologische zoutoplossing met albumine en andere plasma-eiwitten van koeien. Daardoor heeft het kunstbloed de juiste colloïd-osmotische waarde. Als je kunstbloed met onvoldoende albumine gebruikt, kan oedeem ontstaan bij een hond die een transfusie heeft gekregen.

- a Beschrijf hoe dit oedeem ontstaat.
Door de lagere colloïd-osmotische waarde van het kunstbloed stijgt de filtratiedruk en is er minder absorptie van weefselvloeistof aan het einde van het haarvatennet. Daardoor blijft er meer vloeistof in de weefsels achter (oedeem).
- b Bij honden kun je net als bij mensen ook gebruikmaken van donorbloed in plaats van kunstbloed.
Noem een voordeel en een nadeel van het gebruik van donorbloed bij een transfusie in plaats van kunstbloed.
Voorbeelden van een voordeel:
 - Bevat de juiste hoeveelheid albumine.
 - Bevat ook rode bloedcellen, bloedplaatjes en witte bloedcellen.
 Voorbeelden van een nadeel:
 - Je moet rekening houden met bloedgroepen.
 - Andere honden moeten bloed doneren en dat moet je bewaren.

59

Bij kikkers wordt lymfe niet alleen rondgepompt met behulp van spieren, maar ook dankzij meerdere lymfesharten (zie afbeelding 54). Lymfesharten zijn spiergroepen die zich bevinden rondom de plaatsen waar lymfevaten en aders bij elkaar komen. Samentrekkingen van deze spiergroepen zorgen voor stuwing in zowel de lymfevaten als de aders.

- a Lijkt een lymfeshart van een kikker meer op het hart van een regenworm, een vis of een mens? Leg je antwoord uit.
Het lymfeshart van een kikker lijkt het meest op het hart van een regenworm, omdat het een spiergroep is die zich rondom het vat bevindt. Net als dat een regenworm meerdere harten heeft, komen bij een kikker ook meerdere lymfesharten voor.

- b Bij kikkers wordt over het algemeen veel weefselvocht en lymfe gevormd.
Wat is de functie van het vele weefselvocht en lymfe dat bij kikkers wordt gevormd?
Kikkers kunnen via het weefselvocht in hun huid ook zuurstof uit hun omgeving opnemen.
Het is voor hen dus belangrijk dat zij voldoende weefselvocht vormen en dat dit weefselvocht relatief snel terugkeert naar de bloedvaten. Dit kan dankzij de lymfesharten.
- c Bij kikkers komt vaker 'bloating' voor, het opzwellen van de kikker door ophoping van weefselvocht.
Leg uit dat een probleem aan een of meer lymfesharten bij een kikker kan leiden tot *bloating*.
Als een of meerdere lymfesharten niet goed werken, dan blijft er te veel weefselvocht achter in het weefsel van de kikker. Door een teveel aan weefselvocht ontstaat bloating.

Context De ziekte van Alzheimer

60

Wetenschappers vermoeden dat ze de symptomen van Alzheimer tegen kunnen gaan door het glymfatisch systeem te stimuleren.

- a Hoe zou een verbeterde werking van het glymfatisch systeem de symptomen van Alzheimer kunnen verminderen? Leg je antwoord uit.
Alzheimer ontstaat doordat eiwitten die ontstaan als afvalproduct in de hersenen zich ophopen tussen de zenuwcellen. Door het glymfatisch systeem te stimuleren, wordt de afvoer van de eiwitten gestimuleerd. Op deze manier voorkom je dat de eiwitten zich ophopen en worden de symptomen van Alzheimer bestreden.
- b Waarom wordt dit onderzoek in eerste instantie gedaan bij muizen in plaats van mensen?
Leg je antwoord uit.
Voorbeelden van een juist antwoord:
- Het is ethisch niet verantwoord om dit te testen op mensen, omdat de testgroep waarbij je lymfedelen weghaalt nadeel van de behandeling ondervindt.
 - Je mag niet zomaar experimenten uitvoeren op mensen. Hier zijn heel strenge regels voor, nog strenger dan voor proefdieren.
- c In de studie werden drie groepen muizen onderzocht: : twee experimentegroepen en een controlegroep.
Geef van alle drie de groepen aan hoe zij werden behandeld.
Groep 1: verminderde afvoer door lymfevaten weg te halen.
Groep 2: verbeterde afvoer door stimulatie met geluid.
Groep 3: controlegroep, normale afvoer door enkel toedienen van medicijnen en geen aanpassing aan lymfesysteem.
- d Manuele lymfedrainage (MLD) is een zachte, ritmisch uitgevoerde massagetechniek op de huid en het onderhuidse bindweefsel. Het doel van MLD is het bevorderen van de stroming in het lymfestelsel en glymfatisch systeem. MLD verwijdt de lymfevaten met behulp van lichte druk. MLD biedt op deze manier ondersteuning aan je afweersysteem en je kunt de techniek daarom inzetten bij een grote diversiteit aan klachten.
Hoe kan MLD ondersteuning bieden aan je afweersysteem?
MLD bevordert de stroming van weefselvocht, lymfe en vocht in het glymfatisch systeem. Hierdoor blijven er minder afvalstoffen achter in weefsels en worden deze vloeistoffen gezuiverd van ziekteverwekkers, waardoor je afweersysteem minder wordt belast.
- e Uit onderzoek is gebleken dat het glymfatisch systeem vooral actief is tijdens diepe slaap. Oudere mensen slapen minder dan jonge mensen, waardoor hun geheugen sneller achteruitgaat.
Leg uit waarom bij oudere mensen het geheugen sneller achteruitgaat. Gebruik in je antwoord het begrip 'glymfatisch systeem'.
Doordat oude mensen minder slapen, is hun glymfatisch systeem minder actief. Afvalstoffen en eiwitten worden dan minder goed afgevoerd uit de hersenen, waardoor er zich meer eiwitten ophopen tussen de zenuwcellen. Dat heeft een negatief effect op hun geheugen.

Samenhang De ziekte van Lyme

1

Vul in de tabel de volgende begrippen in bij het juiste organisatieniveau.

Kies uit: *Borrelia burgdorferi* – darmkanaal – gastheer – genexpressie – hartspier – mensen – speekselklieren – wandelgebied.

Organisatieniveau	Begrip
Systeem aarde	–
Ecosysteem	wandelgebied
Populatie	mensen
Organisme	<i>Borrelia burgdorferi</i> , gastheer
Orgaanstelsel	darmkanaal
Orgaan	speekselklieren, hartspier
Cel	<i>Borrelia burgdorferi</i>
Molecuul	genexpressie

2

Marouan en Levi vergelijken het darmkanaal van een teek met dat van een mens.

- a Waarom heeft een teek een korter en eenvoudiger darmkanaal dan een mens?

Een teek eet voornamelijk bloed met daarin al verteerde en opgenomen voedingsstoffen. Hij hoeft dus zelf weinig te verteren, daarom heeft hij genoeg aan een kort en eenvoudig darmkanaal.

- b In het speeksel van een teek komen andere stoffen voor dan in het speeksel van een mens. Zo bevat het speeksel van een teek verdovende stoffen, stoffen die bloedvaten wijder maken en antistollingsmiddelen.

Wat is het nut van deze stoffen in tekenspeeksel? Geef van iedere stof de functie aan.

Verdovend middel: de gastheer voelt de tekenbeet niet, dus de teek kan rustig bloed drinken.

Stoffen die bloedvaten wijder maken: zorgen dat de slagadertjes in de huid wijder worden, waardoor er meer bloed naar de huid stroomt en de teek dit gemakkelijk kan drinken.

Antistollingsmiddel: voorkomt dat het bloed gaat stollen en het gaatje dat de teek in de huid heeft geprikt dichtgaat. Hierdoor kan de teek langer bloed drinken.

- c Noem een stof die wel in het speeksel van de mens zit, maar niet in die van een teek. Leg aan de hand van de functie van deze stof uit waarom teken die stof niet nodig hebben.

Het speeksel van mensen bevat het enzym amylase dat zetmeel verteert. Aangezien teken bloed drinken, dat geen (onverteerd) zetmeel bevat, hebben zij dit enzym niet nodig.

3

Iemand wordt gebeten door een teek in zijn knieholte en raakt besmet met *Borrelia burgdorferi*.

Deze persoon krijgt als gevolg van de besmetting last van mentale problemen zoals een slechter geheugen.

- a Door welke bloedvaten en hartdelen heeft de besmetting zich verplaatst? Geef de namen van de bloedvaten en hartdelen in de juiste volgorde. Ga uit van de meest directe route.

Huidhaarvaten – beenader – onderste holle ader – rechterboezem – rechterkamer – longslagader – longhaarvaten – longader – linkerboezem – linkerkamer – aorta – halsslagader – hersenhaarvaten.

- b Als de *Borrelia*-bacterie de hartspier infecteert, dan kan dit leiden tot hartblok. Patiënten kunnen dan last krijgen van een tragere of onregelmatige hartslag.

Leg uit hoe hartblok kan leiden tot een tragere of onregelmatige hartslag.

Bij hartblok worden er minder signalen doorgegeven van de AV-knoop naar de kamers.

Hierdoor trekken de kamers zich minder vaak of onregelmatig samen, afhankelijk van wanneer signalen door de AV-knoop wel de kamers bereiken.

4

Wanneer een teek een bloedmaaltijd consumeert, dan komen er meerdere genen in de *Borrelia*-bacterie, die coderen voor Erp-eiwitten, tegelijkertijd tot expressie. Deze genen maken deel uit van één operon. De bacterie gebruikt Erp-eiwitten om zich te verdedigen tegen het afweersysteem van een zoogdier. Als de bacterie vanuit een zoogdier weer met het bloed wordt opgezogen door een teek, wordt het operon weer inactief.

- a Wat is het voordeel voor de bacterie dat het operon inactief wordt nadat ze weer wordt opgezogen door een teek?

Dan maakt de bacterie geen eiwitten aan die ze niet nodig heeft. Dat bespaart energie en voedingstoffen.

- b Wetenschappers vermoeden dat het operon wordt aangezet door de aanwezigheid van een bepaalde stof in zoogdierbloed.

Leg de werking van het operon voor Erp-eiwitten uit. Gebruik de volgende begrippen: *operator* – *repressor* – *transcriptie*.

Een bepaalde stof in het bloed van een zoogdier bindt aan de repressor, waardoor de repressor inactief wordt en loslaat van de operator. Wanneer er geen repressor aan de operator is gebonden, dan kan transcriptie van de genen plaatsvinden en kunnen Erp-eiwitten worden gemaakt.

Practica

- 1 Bloedcellen
- 2 Bouw van een zoogdierhart
- 3 Bouw van slagaders en aders
- 4 Bloeddruk meten

Examenopgaven

Ledlampjes voorkomen hartritmestoornis

1

Kan een herseninfarct veroorzaakt worden door een stolsel gevormd in de linkerboezem, in de rechterboezem of zijn beide mogelijk?

- A alleen in de linkerboezem
- B alleen in de rechterboezem
- C beide zijn mogelijk

A

2

Op welk van deze momenten komt de stand van de kleppen overeen met die in afbeelding 2?

- A alleen op moment 1
- B alleen op moment 2
- C alleen op moment 3
- D zowel op moment 1 als 2
- E zowel op moment 1 als 3
- F zowel op moment 2 als 3

D

3

Beschrijf hoe dankzij het bindweefseltussenschot en de AV-knoop de pompfunctie van de hartkamers tijdens boezemfibrilleren behouden blijft.

Uit het antwoord moet blijken dat:

- dankzij het tussenschot alleen impulsen worden doorgegeven aan de kamers via de AV-knoop / door het bindweefsel wordt voorkomen dat alle impulsen van de boezems worden doorgegeven aan de kamers 1p
- de kamerspier / het kamerspierweefsel samentrekt door impulsen vanuit de AV-knoop (en dit systeem is intact) 1p

Nieuwe behandelmethoden voor sikkelcelanemie

4

In welk type vaten in de longen vindt deze blokkade plaats? En welke hartkamer wordt verwijdd door de hoge bloeddruk in de longen?

D

5

Welke uitspraak is juist?

- A geen van beide
- B alleen 1
- C alleen 2
- D zowel 1 als 2

B

Vaccineren tegen mazelen

6

Via welke weg gaat een geïnfecteerde macrofaag van het luchtwegepitheel naar de lokale lymfeknoop? En hoe komen geïnfecteerde lymfocyten uiteindelijk in de milt aan?

C