

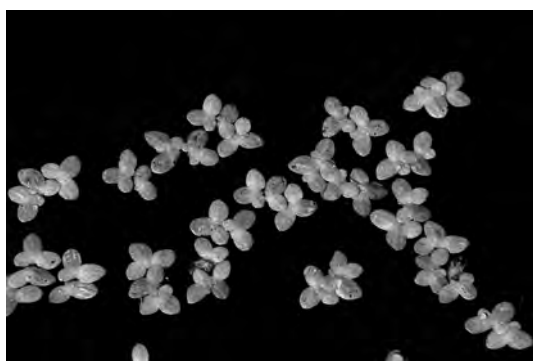
Tenzij anders vermeld, is er sprake van normale situaties en gezonde organismen.

Eendenkroos voor de koe

In 2007 startte Wageningen UR in samenwerking met het waterschap Vallei en Eem en twee melkveehouders een onderzoek naar de bruikbaarheid van eendenkroos als veevoer. De resultaten zijn veelbelovend: de voederwaarde is goed en het kroos wordt in gedroogde vorm goed gevreten door het vee.

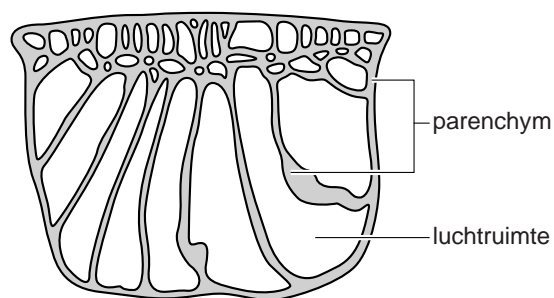
Eendenkroos is een verzamelnaam voor een familie van zeer kleine drijvende waterplantjes. De groene blaadjes (zie afbeelding 1) bestaan vooral uit fotosynthetiserend weefsel en grote intercellulaire ruimten gevuld met lucht (zie afbeelding 2). Er zijn wel nerven, maar zonder houtvaten en bastvaten.

afbeelding 1



drijvende kroosplantjes

afbeelding 2



dwarsdoorsnede blaadje

Het onderzoek richt zich onder andere op de beste omstandigheden om eendenkroos te kweken. De vermeerdering van kroos gaat extreem snel: onder optimale omstandigheden verdubbelt de massa in 16-48 uur.

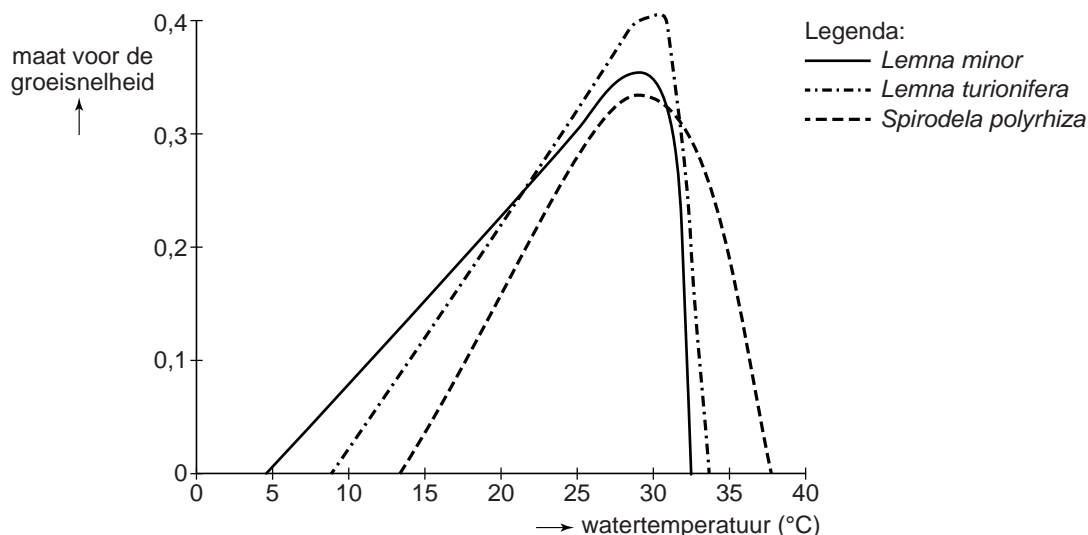
- 2p 1 Licht toe aan de hand van bovenstaande gegevens dat een eendenkroosblad:
- geen houtvaten nodig heeft
 - en ook geen bastvaten nodig heeft.

Nederland lijkt een ideaal land voor het kweken van eendenkroos. In het groeiseizoen kan plaatselijk vanzelf een dichte kroosbedekking op sloten en plassen ontstaan, vooral in gebieden met intensieve landbouw.

- 2p 2 Leg uit waardoor vooral op de sloten in gebieden met intensieve landbouw een overmatige kroosbedekking kan ontstaan.

Eendenkroos bereikt in Nederland rond augustus zijn hoogste bedekkingsgraad. De invloed van de temperatuur is in het laboratorium bepaald onder verder gelijke en optimale omstandigheden. In afbeelding 3 is de relatie tussen de groeisnelheid van drie eendenkroossoorten en de watertemperatuur weergegeven.

afbeelding 3



- 2p **3** – Geef een verklaring voor de stijging van de groeisnelheid met de temperatuur van het water tot aan de optimumtemperatuur.
 – Verklaar waardoor bij temperaturen hoger dan de optimumtemperatuur er een snelle afname is van de groeisnelheid.

Eendenkroos dat wordt gekweekt voor veevoer moet een hoge opbrengst hebben.

- 2p **4** Welke van de drie onderzochte eendenkroossoorten (zie afbeelding 3) is het meest geschikt voor gebruik in Nederlandse sloten?
A *Lemna minor*
B *Lemna turionifera*
C *Spirodela polyrhiza*

Naast de temperatuur beïnvloedt ook de factor licht overdag de groeisnelheid en dus de opbrengst van eendenkroos. Zo zal op een bewolkte dag de groei minder zijn dan op een zonnige dag.

- 2p **5** Beschrijf twee andere natuurlijke omstandigheden waardoor de factor licht kan variëren met als gevolg een verandering van de groeisnelheid van het eendenkroos.

- Een dicht kroosdek is nadelig voor het andere waterleven in een sloot, doordat het kan leiden tot een laag zuurstofgehalte van het water.
- 2p 6 Geef twee verklaringen voor het lage zuurstofgehalte van het water als gevolg van een dicht kroosdek.

- Eendenkroos neemt bij voorkeur ammonium op als stikstofbron. Bij het oogsten van eendenkroos voor veevoer, wordt getracht een zo dicht mogelijk kroosdek te handhaven en alleen de kroosaangroei te oogsten. Door het blijvend dichte kroosdek wordt algengroei geremd en verschuift de stikstofbalans in de sloot van nitraat naar ammonium.
- 2p 7 – Welke groep reducenten is verantwoordelijk voor de ammoniumproductie in het water?
– Verklaar waardoor onder een dicht kroosdek het nitraatgehalte laag blijft.

- Uit het onderzoek van Wageningen UR blijkt dat gedroogd eendenkroos niet de hoge voedingswaarde van soja heeft en daardoor slechts een deel van de eiwitlevering door soja kan vervangen. Toch biedt kroos perspectief omdat het gebruik ervan in veevoer ecologisch duurzamer is dan het gebruik van sojabrokken.
- 2p 8 Geef twee argumenten waarom de teelt van soja als bestanddeel van veevoer ecologisch minder duurzaam is dan de teelt van eendenkroos.

Kunstbloed

Bloedbanken kampen voortdurend met een tekort aan veilig bloed voor bloedtransfusies. Vandaar dat al lange tijd wordt gezocht naar bloedvervangers. Franse celbiologen onderzoeken de bruikbaarheid van kunstbloed met hemoglobine uit Zeeuwse wadpieren.

Door bij een bloedtransfusie kunstbloed zonder bloedcellen te gebruiken, voorkom je klontering van het bloed. Rode bloedcellen zijn echter belangrijk voor het vervoer van zuurstof. Om kunstbloed te verkrijgen met een grote capaciteit voor zuurstoftransport wordt geëxperimenteerd met vrije hemoglobinemoleculen (Hb) in een fysiologische zoutoplossing. Deze Hb kan van menselijke of dierlijke herkomst zijn.

- Donorbloed wordt gesorteerd op bloedgroep opgeslagen. Na verwijdering van het bloedplasma kunnen de rode bloedcellen zes weken gekoeld worden bewaard in een fysiologische zoutoplossing.
- Indien bij een bloedtransfusie alleen rode bloedcellen (in een fysiologische zoutoplossing) worden gebruikt, kan bloedgroep 0 fungeren als universele bloeddonor.
- 2p 9 Waarom is het verwijderen van bloedplasma een essentiële stap bij het verkrijgen van dit universeel donorbloed?
- A Het bloedplasma van de donor bevat antistoffen.
 - B Het bloedplasma van de donor bevat bloedgroepantigenen.
 - C Het bloedplasma van de ontvanger bevat antistoffen.
 - D Het bloedplasma van de ontvanger bevat bloedgroepantigenen.

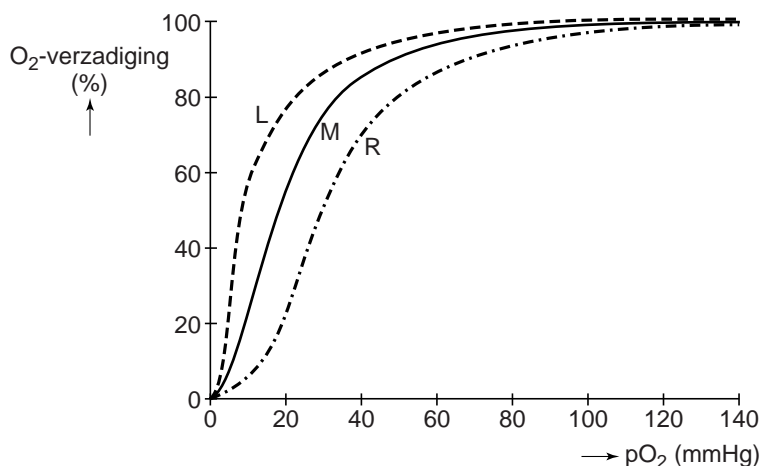
- Uit testen met verschillende soorten Hb-kunstablood is gebleken dat vrije Hb-moleculen efficiënt zuurstof transporteren. Net als in normaal bloed (volbloed) is de Hb in kunstablood ook in staat CO₂ te binden en af te geven.
- Doordat rode bloedcellen ontbreken is de CO₂-transportcapaciteit van Hb-kunstablood echter gering.
- 2p 10 Beschrijf hoe door de aanwezigheid van rode bloedcellen in volbloed er meer CO₂ uit weefsels via volbloed afgevoerd kan worden dan via Hb-kunstablood.

- Er zijn nog veel bijwerkingen bij gebruik van Hb-kunstablood. De vrije Hb-moleculen geven zeer snel O₂ af in de weefsels. Het menselijk lichaam reageert hierop door vaatvernauwing en dit veroorzaakt weer een verhoogde bloeddruk. Ook worden vrije Hb-moleculen in het lichaam snel afgebroken. Hb-fragmenten hopen zich vervolgens op in de nierbuisjes.
- 2p 11
- Waardoor leidt vaatvernauwing tot een verhoogde bloeddruk?
 - Verklaar waardoor ophoping van Hb-fragmenten in de nierbuisjes het probleem van de verhoogde bloeddruk kan vergroten.

De wadpier *Arenicola marina* zou een oplossing kunnen bieden voor de problemen met kunstablood, denken Franse celbiologen. De wadpier bezit Hb die ongeveer 50 maal zo groot is als menselijk Hb, stabiel is in de bloedstroom en een hogere O₂-affiniteit heeft. Kunstablood met celvrije pieren-Hb bezit dan ook andere eigenschappen dan kunstablood met celvrije mensen-Hb.

Afbeelding 1 toont de zuurstofverzadiging van kunstbloed met celvrije mensen-Hb (curve M). De zuurstofverzadigingscurve van kunstbloed met celvrije pieren-Hb heeft een ander verloop.

afbeelding 1



In de afbeelding zijn twee andere zuurstofverzadigingscurves, L en R, geschetst; een naar links (L) en een naar rechts (R) verschoven ten opzichte van de curve M (van kunstbloed met celvrije mensen-Hb).

- 2p 12 – Welke van de curves L of R geeft het best de zuurstofverzadigingscurve van kunstbloed met celvrije pieren-Hb weer?
 – Welk effect heeft deze verschuiving voor de O₂-afgifte in de weefsels in vergelijking met die van kunstbloed met celvrije mensen-Hb?

curve	effect op O ₂ -afgifte in de weefsels
-------	--

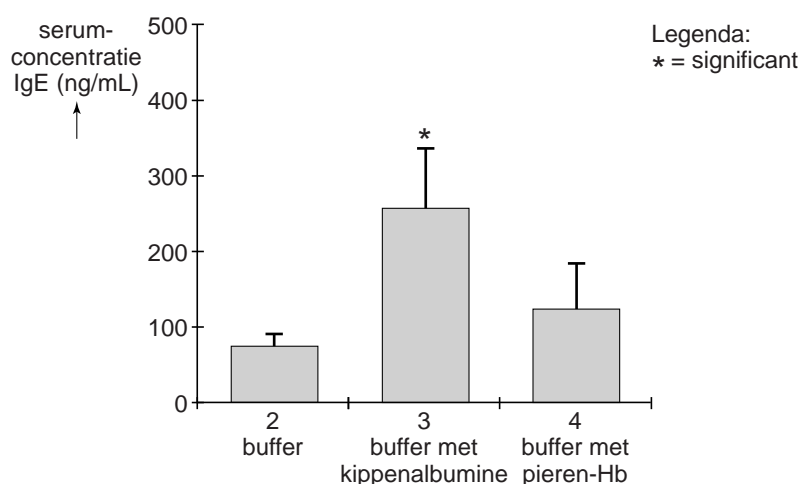
- | | | |
|---|---|--|
| A | L | O ₂ -afgifte gebeurt al bij een hogere pO ₂ . |
| B | L | O ₂ -afgifte gebeurt pas bij een lagere pO ₂ . |
| C | R | O ₂ -afgifte gebeurt al bij een hogere pO ₂ . |
| D | R | O ₂ -afgifte gebeurt pas bij een lagere pO ₂ . |

De celbiologen verwachten dat kunstbloed met celvrije pieren-Hb geen schade aan de nieren zal veroorzaken.

- 2p 13 Op welke eigenschap van de pieren-Hb is die verwachting gebaseerd?
 A Het kan de kapsels van Bowman niet passeren.
 B Het kan de kapsels van Bowman ongehinderd passeren.
 C Het wordt vrijwel volledig uit de voorurine gere(ab)sorbeerd.
 D Het wordt niet uit de voorurine gere(ab)sorbeerd.

Voordat het kunstbloed met celvrije pieren-Hb bij mensen kan worden toegepast, is het getest in muizen. Er werd onder andere onderzocht of pieren-Hb tot een afweerreactie bij de muizen leidt. Daarvoor werden vier groepen van tien muizen gebruikt. De muizen uit de controlegroep 1 werden geïnjecteerd met een 0,9% NaCl-oplossing, die uit groep 2 met een bufferoplossing zonder eiwitten, groep 3 werd geïnjecteerd met kippenalbumine in de bufferoplossing en groep 4 met de pieren-Hb in de buffer. Na drie weken werd de hoeveelheid IgE-antistoffen in het bloedserum van de muizen bepaald. Resultaten van dit experiment zijn weergegeven in afbeelding 2.

afbeelding 2



1p **14** Waarvoor dient de controleproef 1?

Vooraf waren twee hypothesen opgesteld:

- 1 De muizen zijn in staat om een afweerreactie te ontwikkelen.
- 2 Er is geen significante afweerreactie tegen pieren-Hb.

Beide hypothesen worden door de resultaten van dit experiment ondersteund.

2p **15** Op de vergelijking van welke twee groepsresultaten is de ondersteuning van hypothese 1 gebaseerd? En de ondersteuning van hypothese 2?

hypothese 1 ondersteund door resultaten van _____

hypothese 2 ondersteund door resultaten van _____

- | | |
|-----------------------|--------------|
| A groep 2 en 3 | groep 2 en 4 |
| B groep 2 en 3 | groep 3 en 4 |
| C groep 2 en 4 | groep 2 en 3 |
| D groep 2 en 4 | groep 3 en 4 |
| E groep 3 en 4 | groep 2 en 3 |
| F groep 3 en 4 | groep 2 en 4 |

De celbiologen die de eerste testen met kunstbloed van pieren hebben uitgevoerd, zijn enthousiast omdat er geen bijwerkingen zijn gevonden in de muizen. Wadpieten kunnen hiervoor gekweekt worden, maar voor 600 mL kunstbloed met pieren-Hb is een kilo wadpieten nodig. De pieren-Hb kan ook met behulp van recombinant-technologie worden gemaakt.

Voor het produceren van dierlijke eiwitten worden vaak bacteriën gebruikt. Door middel van reversetranscriptase wordt copyDNA gemaakt, dat vervolgens wordt 'geplakt' in een plasmide. Na inbrengen van het plasmide in de bacteriën kunnen de recombinante bacteriën de wadpieten-Hb gaan produceren.

- 2p 16 Welk type macromoleculen wordt geïsoleerd uit de wadpieten om de productie van pieren-Hb door recombinante bacteriën mogelijk te maken?
- A DNA
 - B pre-mRNA
 - C rijp mRNA
 - D rRNA
 - E tRNA

Materialen die onderzoekers kunnen bestellen zijn:

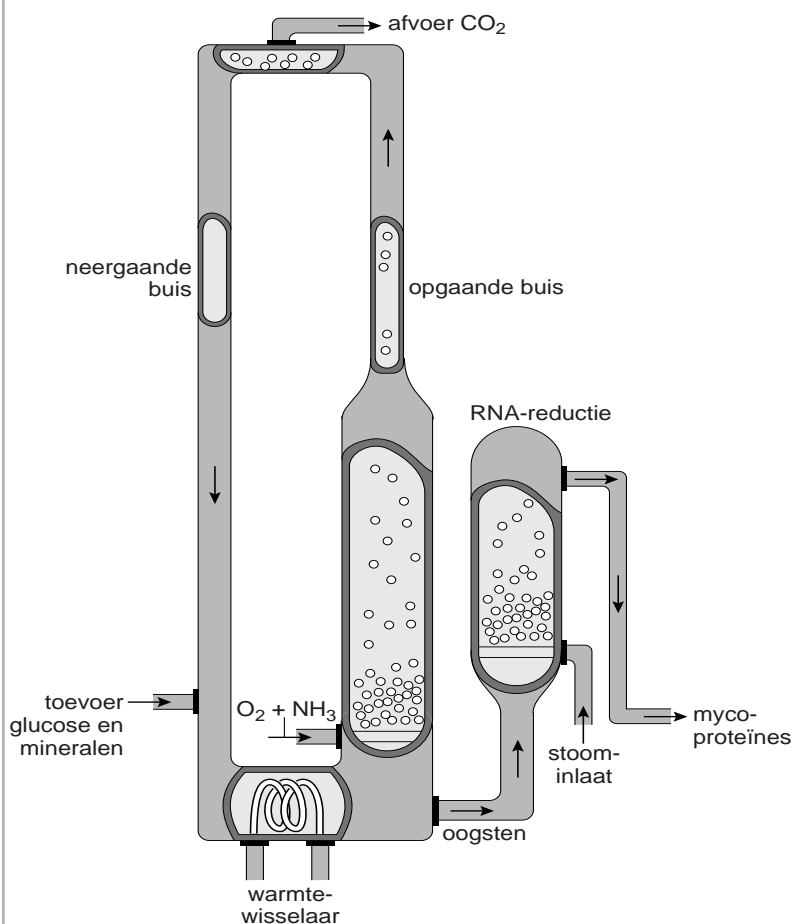
- 1 menselijk weefsel;
 - 2 wadpieweefsel;
 - 3 gezuiverde Hb van de mens;
 - 4 gezuiverde Hb van de wadpieweefsel.
- 2p 17 Wat hebben de onderzoekers nodig als uitgangsmateriaal om daarmee de recombinant pieren-Hb te produceren? Zet de nummers 1 tot en met 4 onder elkaar op je antwoordblad en noteer erachter of het betreffende materiaal wel of niet nodig is.

Schimmel als eiwitbron

Vanwege het dreigende wereldwijde voedseltekort ging een Britse industrieel op zoek naar een eiwitbron die als alternatief voor vlees kan dienen. Zijn onderzoeksteam vond een schimmel die de basis vormt voor vleesvervangers die inmiddels op de markt zijn gebracht onder de merknaam Quorn®.

De eiwitrijke, dradenvormende schimmel *Fusarium venenatum* wordt opgekweekt in 50 meter hoge 'airlift-bioreactoren' waarin voortdurend een koolstofbron (glucose uit mais), een stikstofbron (ammonium), sporenelementen en zuurstof aan het medium worden toegevoegd (afbeelding 1). In de vloeistof die wordt afgetapt bevindt zich de oogst: eiwitrijke schimmeldraden (afbeelding 2).

afbeelding 1



afbeelding 2



Fusarium venenatum

De afgetapte vloeistof wordt kort verhit en gecentrifugeerd. Op deze wijze wordt 300 kg eiwitrijke biomassa per uur verkregen. Deze mycoproteïne-pasta wordt vermengd met onder andere smaakstoffen en verder verwerkt tot verschillende vleesvervangers.

De schimmel produceert eiwitrijke biomassa. Toch is de rol van deze schimmel in de kringloop van stoffen niet die van een producent.

1p 18 Waarom wordt de schimmel niet tot de producenten gerekend?

De schimmel *F. venenatum* kan zowel anaeroob als aeroob dissimileren. Doordat er continu zuurstof wordt toegevoegd aan de vloeistof in de reactor, blijft de dissimilatie aeroob en wordt anaerobe dissimilatie voorkomen.

- 2p 19 Leg uit dat het voor een hoge opbrengst van mycoproteïne gunstig is om de schimmel aeroob te laten dissimileren.

In de reactor wordt voortdurend vloeistof toegevoegd en een even grote hoeveelheid vloeistof afgevoerd. Deze hoeveelheid wordt bepaald met de formule $D = F/V$, waarbij F de flow (doorloopsnelheid) is in liter per uur en V het reactorvolume in liters. D is dus het deel van de vloeistof in het vat dat in een uur vervangen wordt.

De flow is zo afgesteld dat de groeisnelheid, en dus de opbrengst van de schimmel, optimaal is.

- 2p 20 – Waardoor is de schimmelopbrengst bij een te hoge flow niet optimaal?
– Waardoor is de opbrengst bij een te lage flow ook niet optimaal?

Snel delende cellen van micro-organismen produceren veel RNA. Voor de voedselconsumptie is het een probleem dat cellen van *F. venenatum* een hoog gehalte aan nucleïnezuren bevatten. Vóór de verwerking tot het eindproduct wordt daarom het gehalte aan nucleïnezuren in de mycoproteïne-pasta verlaagd.

- 2p 21 Leg uit waardoor het mRNA-gehalte bij cellen die voortdurend delen relatief hoog is.

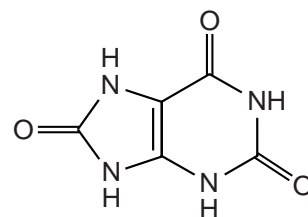
RNA in voedingsmiddelen wordt in het spijsverteringskanaal verteerd tot stikstofbasen, fosfaten en suikers.

Afbraak van bepaalde stikstofbasen leidt tot de vorming van urinezuur (zie afbeelding 3).

Wanneer voedingsmiddelen veel RNA bevatten, ontstaat een hoog gehalte aan urinezuur in het bloed dat niet volledig door de nieren kan worden uitgescheiden. Het hoopt dan op tot kristallen in de nieren (nierstenen).

Er ontstaan echter ook kristallen in bepaalde gewrichten die daardoor pijnlijk stijf worden. Deze aandoening staat bekend als jicht.

afbeelding 3



urinezuur

Delen van het spijsverteringsstelsel zijn:

- 1 maag;
- 2 dunne darm;
- 3 dikke darm.

- 2p 22 In welk of welke van deze delen vindt vertering van RNA plaats?
- A alleen in 1
 - B alleen in 2
 - C alleen in 3
 - D alleen in 1 en 2
 - E alleen in 2 en 3
 - F in zowel 1 als 2 als 3

De meest voorkomende stikstofbasen zijn adenine, cytosine, guanine, thymine en uracil.

- 2p 23 Welke van deze stikstofbasen dragen door hun structuur vooral bij aan het ontstaan van jicht?
- A adenine en guanine
 - B adenine en uracil
 - C cytosine en thymine
 - D cytosine en uracil
 - E adenine, guanine en uracil
 - F cytosine, thymine en uracil

Duikende zeezoogdieren

Evolutiebiologen en fysiologen vragen zich af hoe de fenomenale duikcapaciteit van zeezoogdieren zich heeft ontwikkeld nadat deze dieren het land weer verruilden voor het water. Om die vraag te beantwoorden, onderzoeken ze bij zeezoogdieren de aanpassingen op organismaal en moleculair niveau.

Zeezoogdieren variëren enorm in grootte en gewicht: een zeeolifantmannetje kan tot 4000 kg zwaar worden, de gewone zeehond 'maar' 150 kg. Zeeolifanten (zie afbeelding 1) zijn experts in duiken; ze kunnen langer dan twee uur onder water blijven zonder adem te halen. Als een zeeolifant onder water op jacht gaat, treedt de 'duikreflex' op: een sterke daling van de hartslagfrequentie en een vaatvernauwing, waardoor de bloedtoevoer naar perifere organen vermindert.

afbeelding 1



De maximale duiktijd blijkt relatief langer te zijn bij de zwaardere soorten zeezoogdieren. Dat heeft onder andere te maken met hun lage oppervlakte-inhoud ratio.

Twee beweringen over een relatief lage oppervlakte-inhoud ratio zijn:

1 Er is minder energie nodig voor warmteopwekking.

2 De dode ruimte van de longen is groter.

2p **24** Welke van deze beweringen kan of welke kunnen de langere duiktijd van de zwaardere soorten zeezoogdieren verklaren?

A geen van beide

B alleen 1

C alleen 2

D zowel 1 als 2

2p **25** Welk deel van het zenuwstelsel van een zeezoogdier is voornamelijk actief bij de duikreflex?

A het animale zenuwstelsel

B het orthosympathische deel van het autonome zenuwstelsel

C het parasympathische deel van het autonome zenuwstelsel

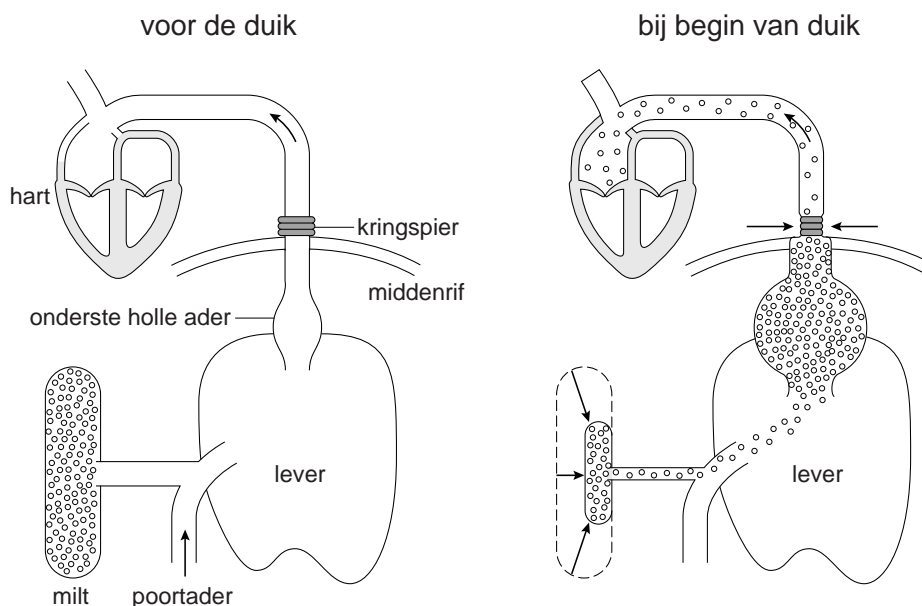
2p **26** Leg uit hoe de reflexmatige vaatvernauwing tijdens de duik bijdraagt aan het verlengen van de duiktijd.

De prikkel voor het optreden van de duikreflex is het nat worden van het voorhoofd van het dier. Met dat gegeven konden de Canadese onderzoekers Thornton en Hochachka in het laboratorium duikfysiologisch onderzoek doen aan jonge zeeolifanten.

Een van de waarnemingen is dat het volume van de milt, direct bij het begin van een 'laboratoriumduik' door samentrekking meer dan halveert. Na de duik ontspant de milt en vult die zich weer met rode bloedcellen die verzadigd zijn met zuurstof.

Een ander opvallend resultaat is het ontstaan van een met bloed gevulde ruimte tussen het middenrif en de lever, doordat bij de duikreflex een kringspier om de holle ader samentrekt en zo de toevoer naar het hart reguleert. Beide veranderingen zijn in afbeelding 2 schematisch weergegeven.

afbeelding 2



- 2p **27** Beschrijf hoe deze twee veranderingen bijdragen aan het verlengen van de duiktijd.

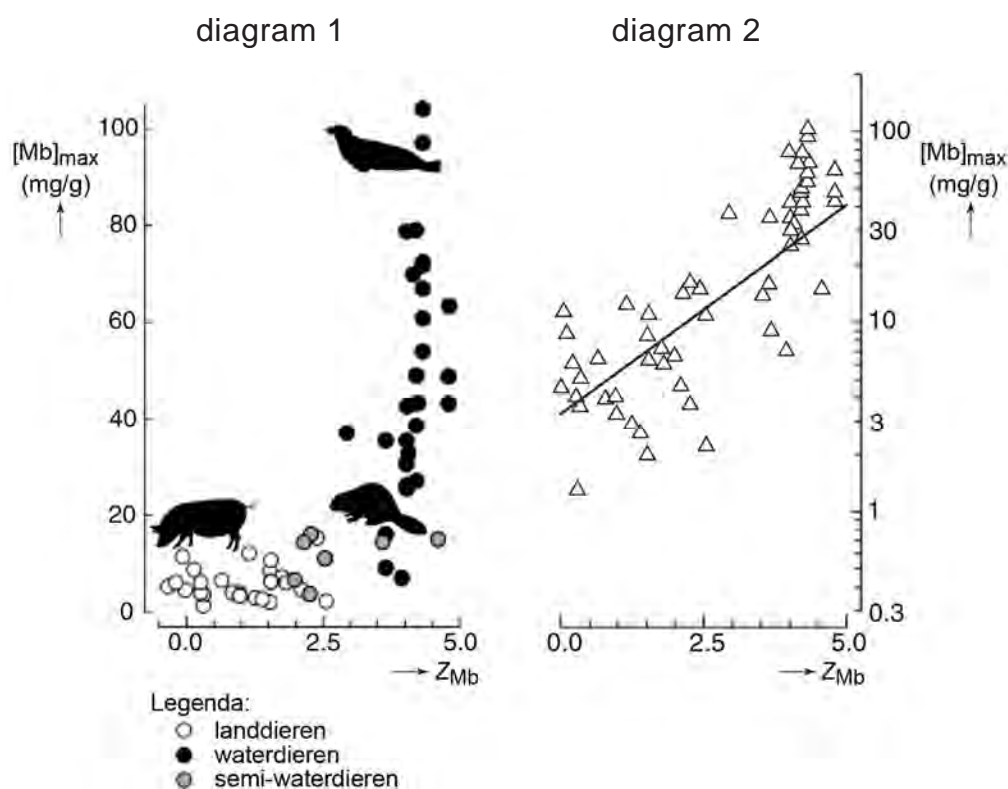
Zeezoogdieren hebben behalve de duikreflex nog meer aanpassingen die de lange duiktijden mogelijk maken. Zo hebben ze een relatief hoog gehalte aan myoglobine, tot wel twaalf keer zo hoog als bij mensen. Myoglobine is een aan hemoglobine verwant eiwit dat aanwezig is in spieren en daar als zuurstofreservoir funktioneert.

Myoglobine van zoogdieren bestaat uit één globine-eiwit met één heemgroep. Het globine-eiwit bestaat uit 153 aminozuren met acht alfa-helices.

- 2p **28** Welke omschrijving geeft informatie over de secundaire structuur van myoglobine?
- A één globine-eiwit
 - B één heemgroep
 - C acht alfa-helices
 - D 153 aminozuren

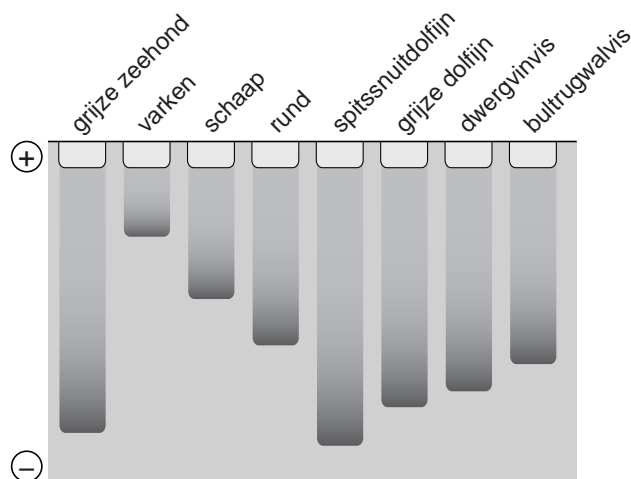
De relatieve hoeveelheid myoglobine in het spierweefsel van zoogdieren is een indicatie voor de duikcapaciteit. Daarom bepaalden de Britse onderzoekers Mirceta en Berenbrink in spierweefsel van verschillende land- en waterzoogdieren de maximale myoglobineconcentratie, de $[Mb]_{max}$. Ook bepaalden ze de aminozuurvolgorde van die myoglobine-moleculen en daarmee berekenden ze de netto positieve lading van deze eiwitten, de Z_{Mb} . Er bleek een duidelijke correlatie (zie afbeelding 3): hoe hoger de berekende positieve lading (Z_{Mb}), hoe hoger de $[Mb]_{max}$. In diagram 1 is voor de $[Mb]_{max}$ een lineaire schaal gebruikt, in diagram 2 zijn dezelfde gegevens in een logaritmische schaal uitgezet.

afbeelding 3



Om de betrouwbaarheid van hun berekening van de Z_{Mb} te testen lieten de onderzoekers myoglobines van verschillende zoogdieren in een elektroforese-gel lopen. De resultaten daarvan staan in afbeelding 4.

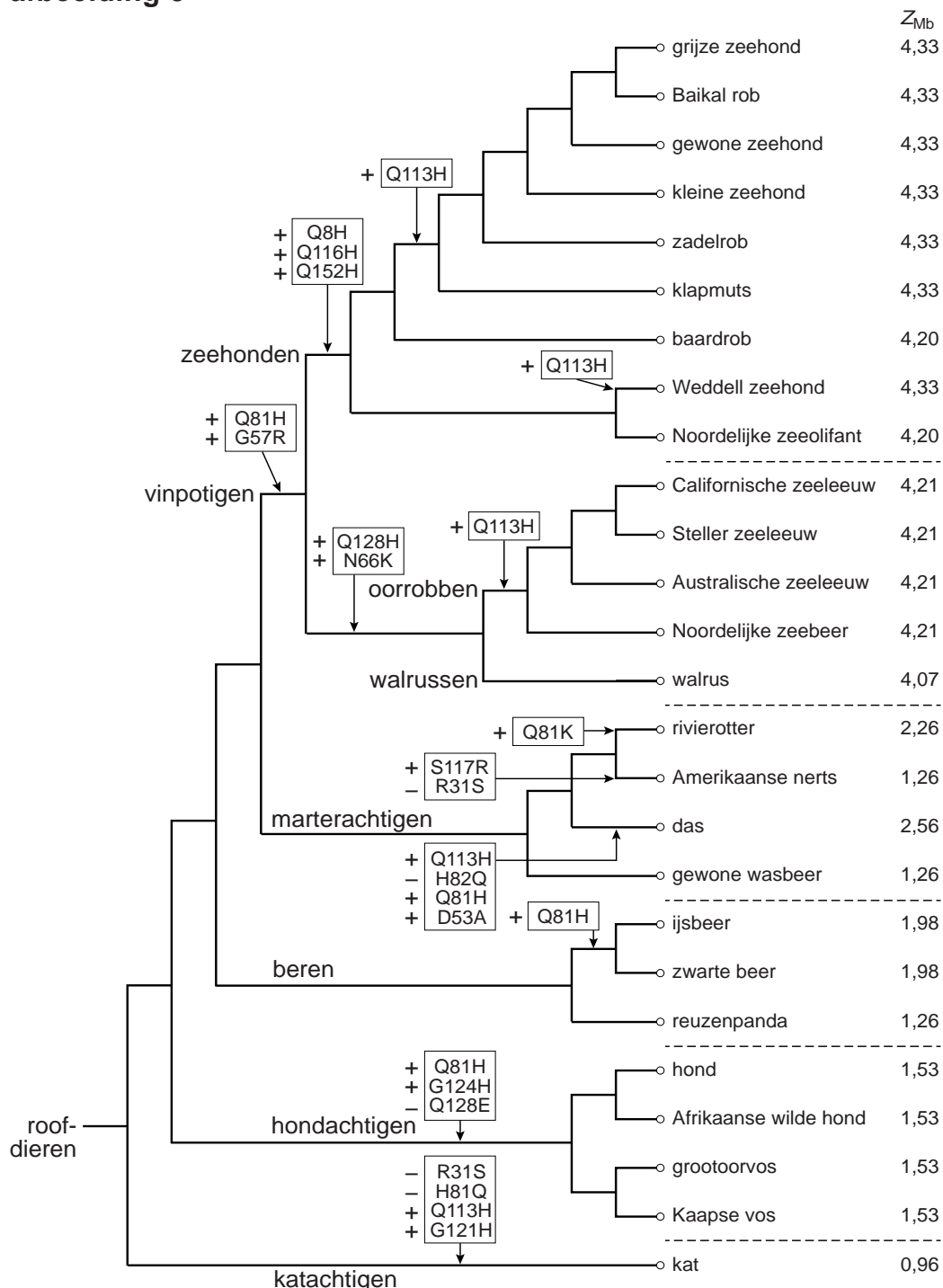
afbeelding 4



- 2p **29** Leg uit dat de resultaten van de elektroforese (afbeelding 4) de gegevens over de Z_{Mb} in de diagrammen van afbeelding 3 bevestigen.

In afbeelding 5 zijn de Z_{Mb} -waarden in verband gebracht met de veranderingen in myoglobine in de loop van de evolutie van de roofdieren.

afbeelding 5



Op een aantal plaatsen zijn de mutaties in de aminozuurvolgorde van myoglobine gegeven waardoor de lading is veranderd: +Q113H betekent in dit schema dat het 113e aminozuur van myoglobine is veranderd van glutamine (Q) in histidine (H) waardoor de lading positiever (+) is geworden.

In afbeelding 5 zijn de verschillen in de primaire structuur van myoglobine weergegeven zoals die bekend zijn van nu levende roofdieren. De onderzoekers veronderstellen dat de Z_{Mb} van de laatste gemeenschappelijke voorouder van de roofdieren 1,26 bedraagt.

2p 30 Leg uit op welke gegevens in afbeelding 5 die veronderstelling is gebaseerd.

Een groot deel van de gegevens uit deze stamboom is verkregen door analyse van basenvolgorde in het DNA, en niet door het bepalen van aminozuurvolgorde in myoglobine.

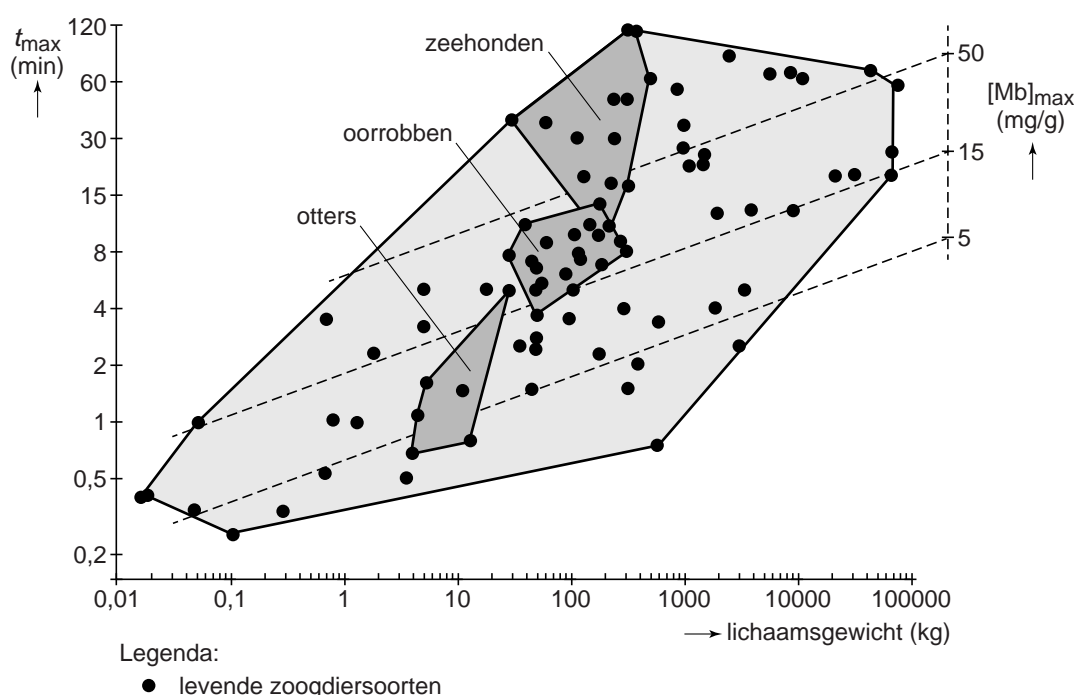
Op basis van de geanalyseerde basenvolgorde in het DNA kun je wel met zekerheid de aminozuurvolgorde van de myoglobine bepalen, maar andersom niet.

1p 31 Waarom kun je op basis van de aminozuurvolgorde **niet** de basenvolgorde in het DNA bepalen?

Het bepalen van de duiktijd van zeezoogdieren in de natuur is een complex en duur onderzoek. Mirceta en Berenbrink hebben een formule afgeleid waarmee ze een goede schatting kunnen maken van de maximale duiktijd van dieren (t_{max}) op basis van het lichaamsgewicht en de $[Mb]_{max}$. Op deze manier kunnen ze ook een uitspraak doen over de duiktijd van dieren waarvan weinig of geen metingen bekend zijn, en zelfs van uitgestorven dieren.

Het verband tussen die drie grootheden voor nu levende zoogdieren is grafisch weergegeven in afbeelding 6.

afbeelding 6



afbeelding 7

De uitgestorven *Enaliarctos* (zie afbeelding 7) wordt beschouwd als een voorouder van de vinpotigen die de overgang van land naar water markeert.



Uit vergelijking tussen fossiele skeletten van *Enaliarctos* en de bouw van huidige zeezoogdieren is afgeleid dat het lichaamsgewicht van *Enaliarctos* ongeveer 80 kilo moet zijn geweest. Mirceta en Berenbrink hebben berekend dat de Z_{Mb} van *Enaliarctos* ongeveer 3 is.

Met bovenstaande gegevens, het verband tussen Z_{Mb} en $[Mb]_{max}$ (in afbeelding 3 diagram 2 op pagina 14) en de gegevens in het diagram van afbeelding 6 op pagina 17 is het mogelijk de maximale duiktijd (t_{max}) van dit uitgestorven dier te benaderen.

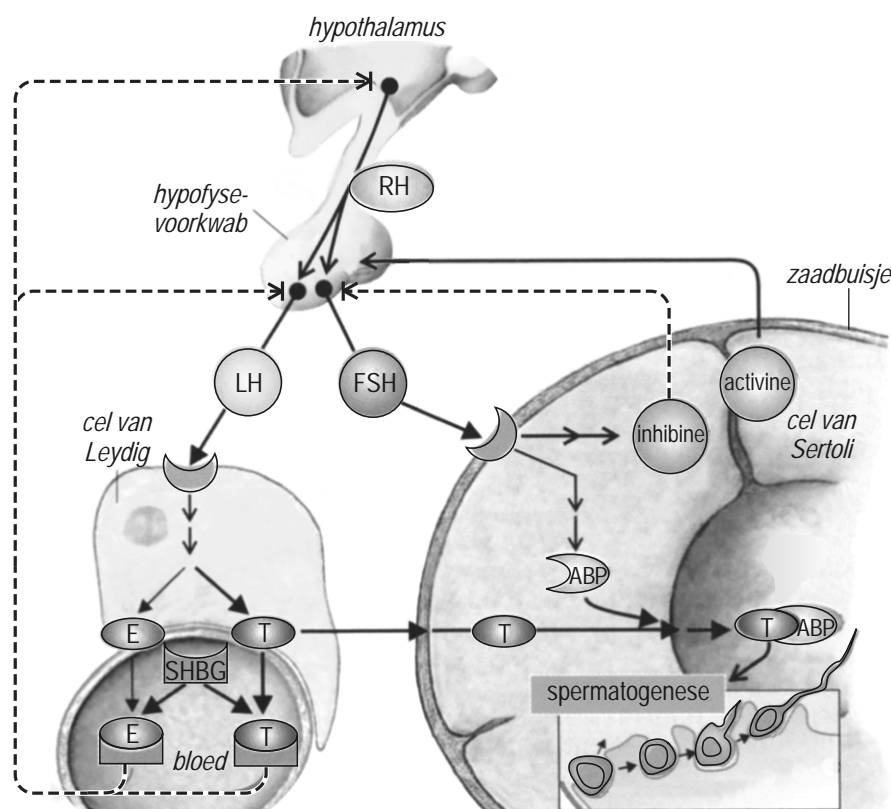
- 2p 32 Wat was waarschijnlijk de maximale duiktijd van *Enaliarctos* op basis van deze gegevens?
- A ongeveer 1,5 minuten
 - B ongeveer 4 minuten
 - C ongeveer 8 minuten
 - D ongeveer een kwartier
 - E ongeveer een half uur

Bot bepaalt vruchtbaarheid

Onvruchtbaar door te weinig zaadcellen in je sperma? Onderzoek uit de Verenigde Staten toont aan dat de oorzaak hiervoor soms niet in de testes ligt, maar in de botten.

Voor een goede productie van zaadcellen (spermatogenese) is een hoge concentratie van androgenen, zoals testosteron, van belang. In afbeelding 1 is schematisch weergegeven hoe de hypofysehormonen LH (ook wel ICSH genoemd) en FSH de spermatogenese in de testes beïnvloeden. De androgenen die gebonden aan ABP naar het lumen van de zaadbuisjes vervoerd worden, stimuleren de spermatogonia om zich te gaan delen. Als een man weinig androgenen produceert, kan dat ook botontkalking tot gevolg hebben.

afbeelding 1



Legenda:

- stimulering
- - -> remming
- transport

SHBG = geslachtshormoonbindend globuline

ABP = androgeenbindende proteïne

E = oestrogeen

T = testosteron

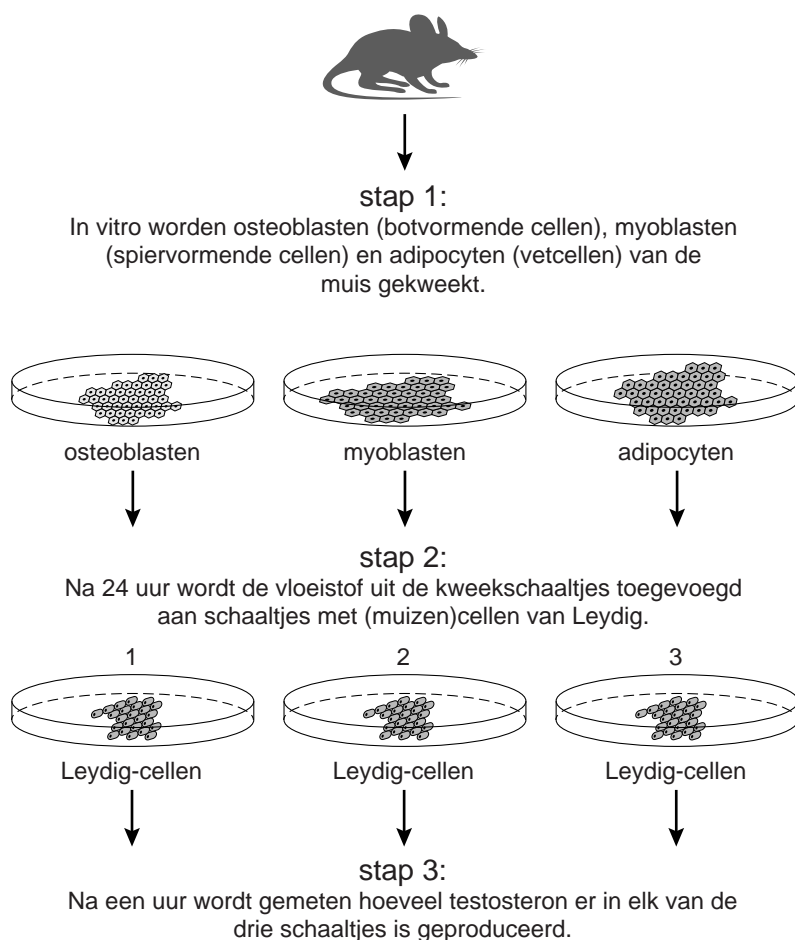
Voor behoud van de vruchtbaarheid is het noodzakelijk dat spermatogonia zich mitotisch delen en niet meiotisch

2p 33 Leg dit uit.

- Er zijn mannen die testosteronpreparaten gebruiken om hun botdichtheid op peil te houden. Dit kan het natuurlijke regelmechanisme verstoren, met onvruchtbaarheid als gevolg.
- 2p **34** Leg uit aan de hand van een terugkoppelingsproces en het uiteindelijke effect ervan op de cellen van Sertoli, hoe de extra testosteron-inname onvruchtbaarheid van een man kan veroorzaken.

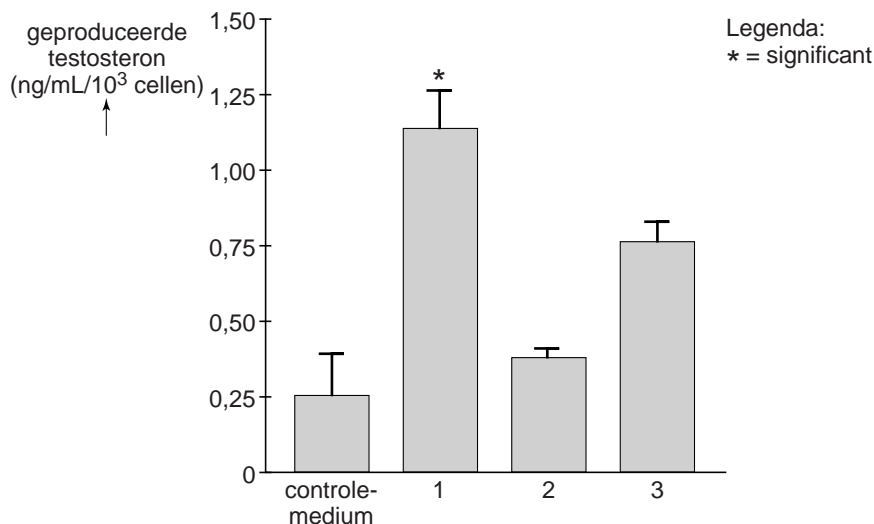
Mogelijk hebben bothormonen op hun beurt een effect op de geslachtsorganen en vruchtbaarheid. Een team van onderzoekers onderzocht dit met behulp van muizencellen. De opzet van het experiment is schematisch weergegeven in afbeelding 2.

afbeelding 2



De resultaten van die metingen, plus die van een controleschaaltje, zijn weergegeven in afbeelding 3.

afbeelding 3



Over de interactie tussen cellen uit het bot en Leydig-cellen in de testes wordt het volgende beweerd:

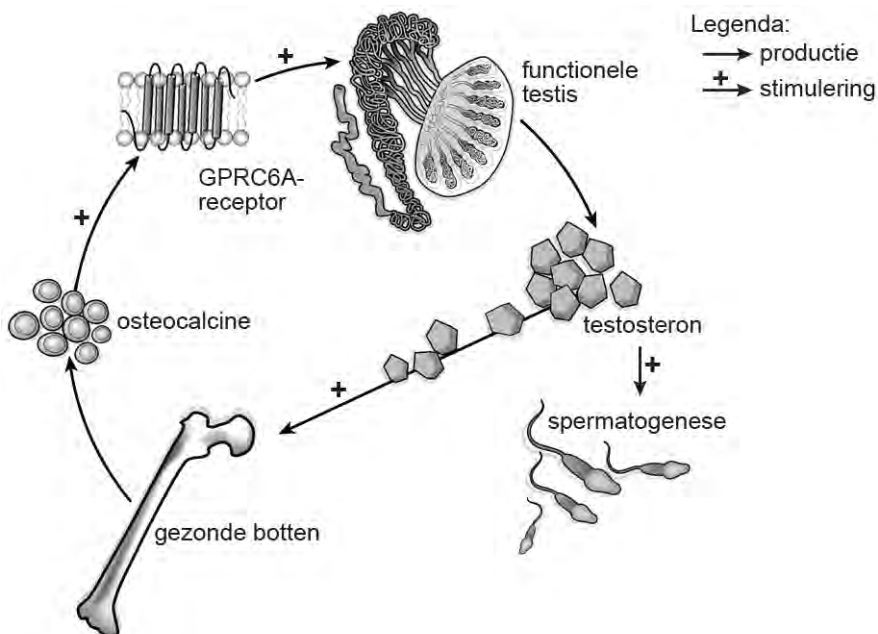
- 1 Leydig-cellen geven testosteron af dat osteoblasten stimuleert.
- 2 Osteoblasten geven een stof af die de testosteron-afgifte van Leydig-cellen stimuleert.

2p **35** Welke van deze beweringen wordt of welke worden door de kweekexperimenten ondersteund?

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

De hypothese van de onderzoekers is dat het hormoon osteocalcine, geproduceerd door bot, de vruchtbaarheid van mannelijke muizen beïnvloedt. In afbeelding 4 is door de onderzoekers de interactie tussen testes en botten in een vereenvoudigd schema weergegeven.

afbeelding 4



Osteocalcine beïnvloedt de testes door aan de receptor GPRC6A (zie afbeelding 4) van Leydig-cellen te binden. Testosteron beïnvloedt de osteoblasten in botten door aan de testosteronreceptor te binden.

- 2p 36
- Is osteocalcine een peptidehormoon of een steroïdhormoon?
 - Waar in de osteoblasten bevindt zich de testosteronreceptor?

osteocalcine is een _____ plaats testosteronreceptor _____

- | | | |
|---|----------------|-------------|
| A | peptidehormoon | celmembraan |
| B | peptidehormoon | cytoplasma |
| C | steroïdhormoon | celmembraan |
| D | steroïdhormoon | cytoplasma |

De onderzoekers verwachten dat de regulatie bij de mens grotendeels overeenkomt met de regulatie bij muizen.

Door onvruchtbare mannen te behandelen met osteocalcine kan de vruchtbaarheid misschien weer hersteld worden.

- 1p 37
- Noem een voorwaarde waaraan deze onvruchtbare mannen moeten voldoen, wil de osteocalcine-behandeling succes hebben.