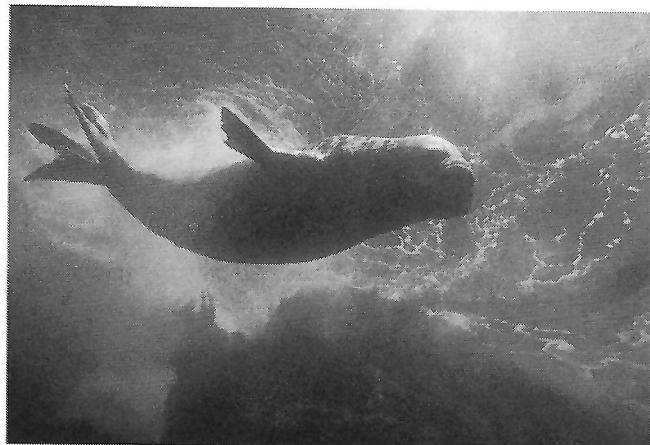


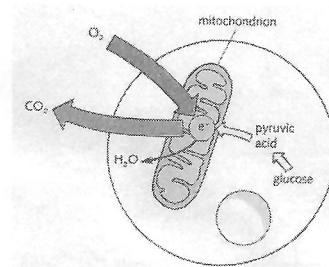
Hoofdstuk 6: HET ADEMHALINGSSTELSEL

(hoofdstuk 48 in handboek)



Zee-olifant

ADEMHALING



- cellulaire of "interne" ademhaling:
= biochemisch proces dat O_2 verbruikt en CO_2 produceert
- "externe" ademhaling:
= opname O_2 en afgave CO_2
 - gebeurt meestal in speciale systemen
 - ademhalingsorganen = plaatsen waar O_2 in het bloed komt en CO_2 door het bloed wordt afgegeven
= plaatsen van gasuitwisseling

2

PRINCIPES GASUITWISSELING

Gasuitwisseling gebeurt :

- altijd in een vloeibaar milieu, zelfs in landvertebraten (dun waterlaagje bedekt ademhalingsepitheel van longen)
- via diffusie

Diffusiesnelheid tussen 2 milieus wordt bepaald door de diffusiewet van Fick

$$S = \frac{D A \Delta p}{d}$$

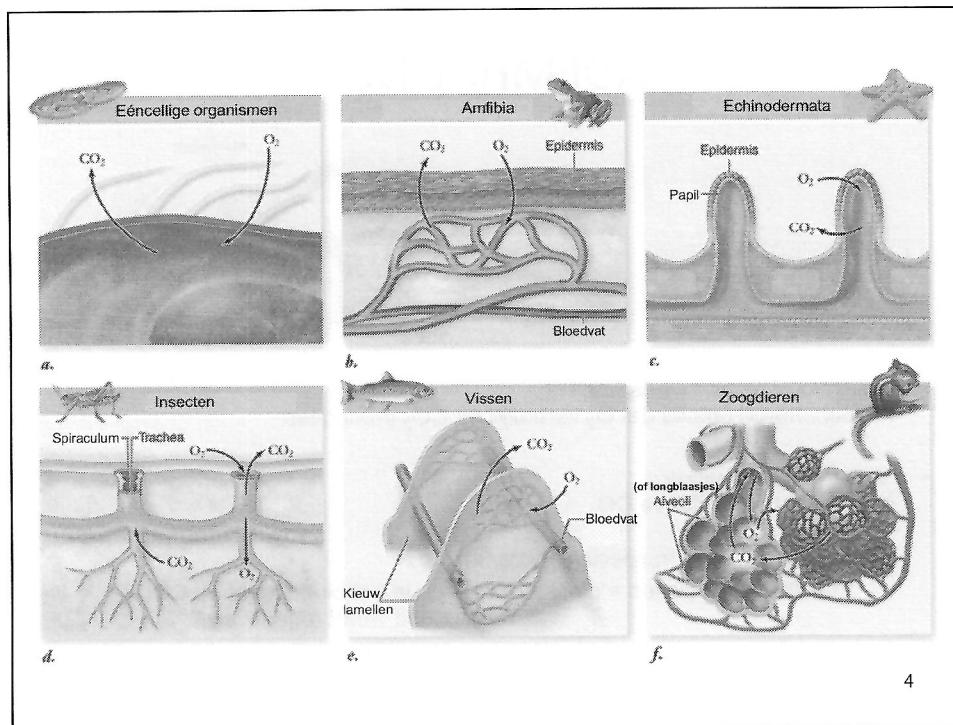
S = diffusiesnelheid
 D = diffusieconstante (grootte, permeabiliteit, ...)
 A = oppervlakte over dewelke diffusie plaats vindt
 Δp = drukverschil over membraan tussen de 2 regio's
 d = afstand over dewelke diffusie opgaat

Gassen diffunderen rechtstreeks in unicellulaire organismen → gebruiken vaak cilia om waterstroom te verzekeren → **verhoogd drukverschil**

Multicellulaire dieren hebben aangepaste systemen nodig voor gasuitwisseling → **verhoogde oppervlakte en verminderde diffusie-afstand**

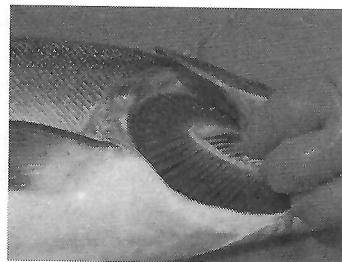
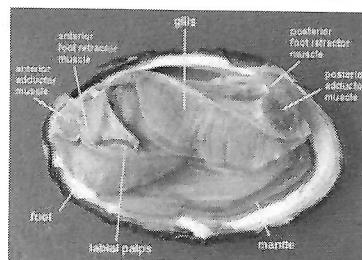
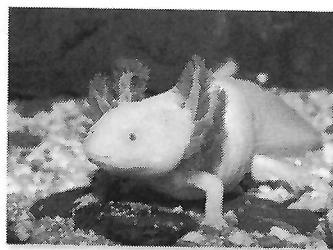
- Amfibieën ademen door hun huid
- Echinodermata hebben uitstekende papillen
- Insecten hebben een uitgebreid tracheaal systeem
- Vissen gebruiken kieuwen
- Zoogdieren hebben een uitgebreid netwerk van alveolen

3



4

KIEUWADEMHALING



5

Kieuwen

Kieuwen zijn gespecialiseerde weefselextensies die in onmiddellijk contact staan met het water

- Groot oppervlak en dunne wand
- Extern of intern
- Bij vele Protostomia:
veel Mollusca, deel Annelida, Crustacea
- Bij Deuterostomia:
Echinodermata, vissen, larvale amfibieën

6

Kieuwen

Externe kieuwen zijn niet bedekt

- in eerste vissen & larvale amfibieën (+ axolotl)
- nadelen :
 - moeten constant in beweging gehouden worden om contact met vers O₂ rijk water te verzekeren
 - worden gemakkelijk beschadigd



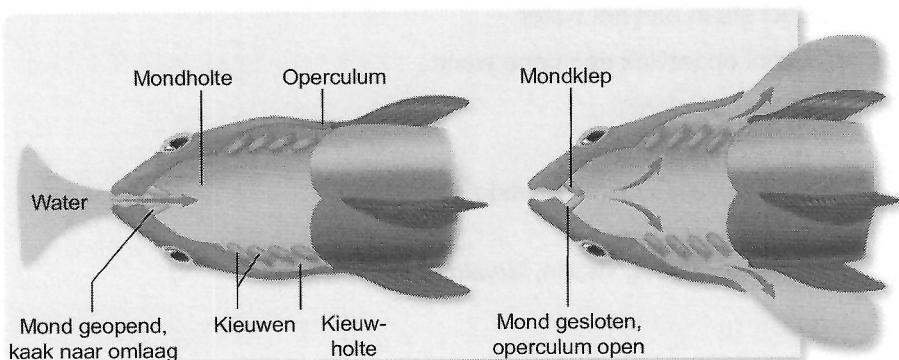
Sommige aquatische dieren hebben branchiale kamers met stationaire kieuwen

Kieuwen van beenvissen zitten tussen de orale holte en de operculaire of kieuwholtes

- deze holtes functioneren als pompen die alternenderend uitzetten
- water gaat in de mond, over de kieuwen en terug uit de vis door het open operculum

7

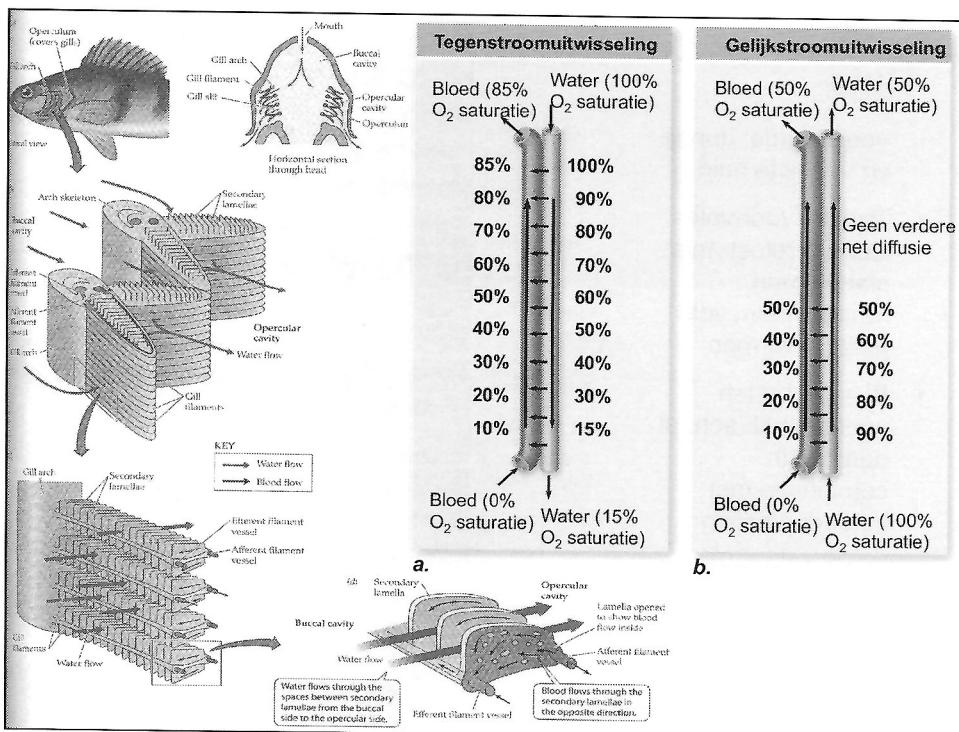
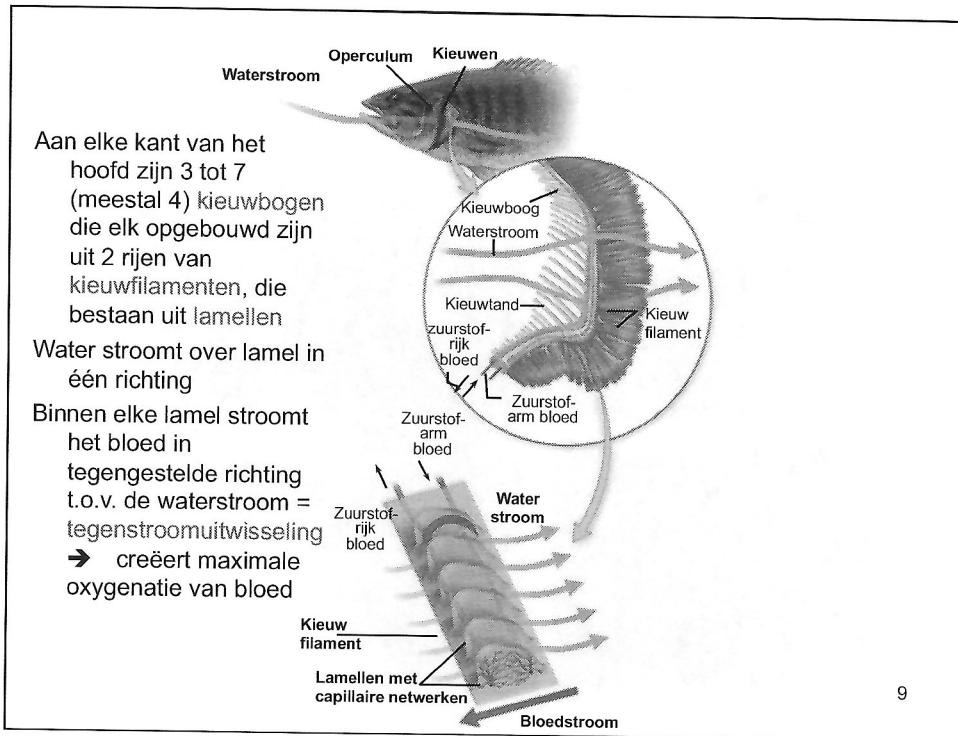
Kieuwen



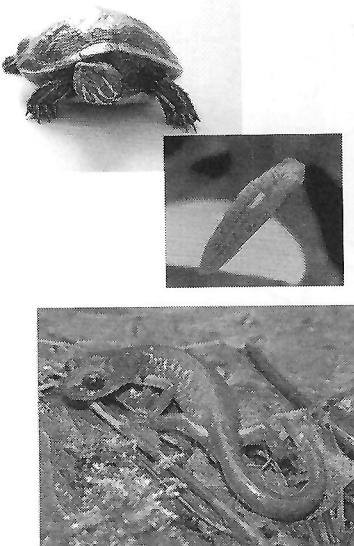
O₂ rijk water wordt over kieuwen gebracht via:

- bucale drukpomp – operculaire zuigpomp
- ramventilatie (tonijn)

8



HUIDADEMHALING



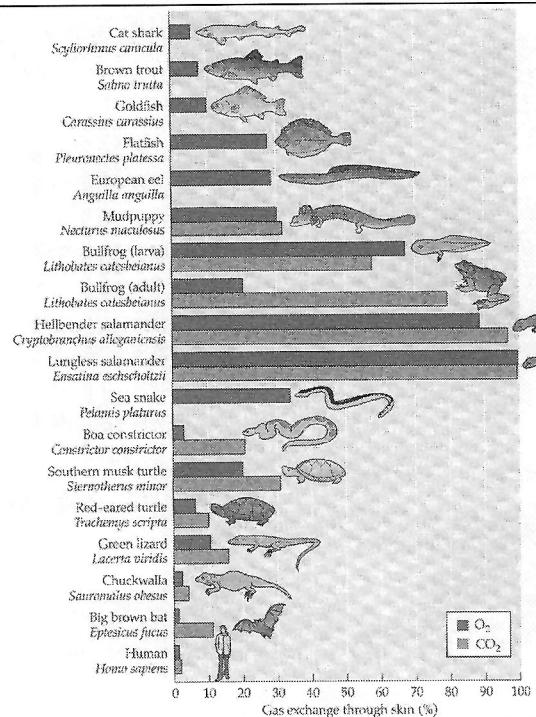
Longlure salamander



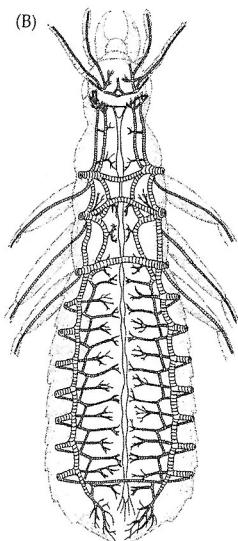
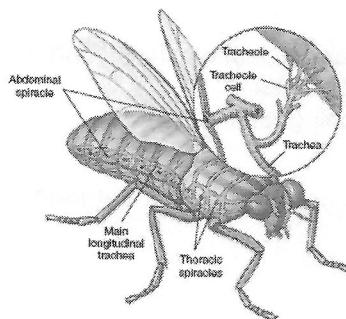
11

Huid

- Voorwaarde: dunne en vochtige huid
- Typisch voor vele kleine Protostomia: platwormen, rondwormen, vele gelede wormen
- Bij vertebraten vooral amfibieën, al dan niet in combinatie met longademhaling
- Ook bij sommige aquatische reptielen (schildpadden)

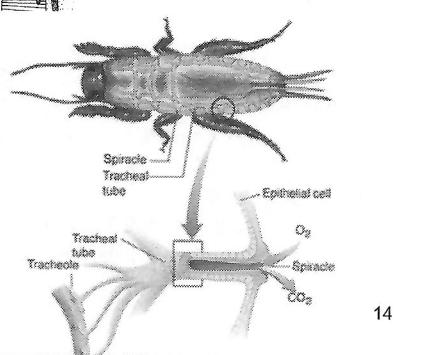
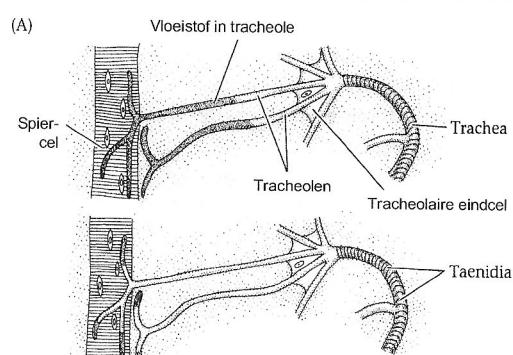
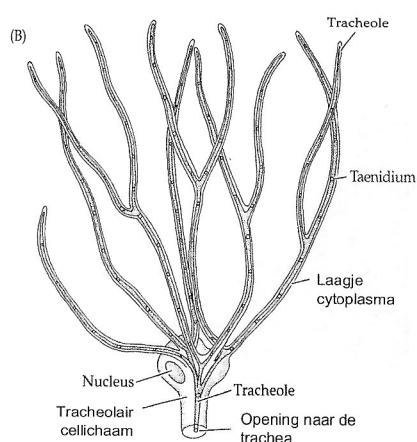


ADEMHALING VIA TRACHEEEN



In terrestriale arthropoda, bestaat het ademhalingssysteem uit luchtkanalen of trachea, die vertakken in kleine tracheolen. Spiracula (openingen in het exoskelet) worden geopend of gesloten door kleppen.

Tracheëninstelsel



14

ADEMHALING VIA LONGEN

- Kieuwen heel efficiënt maar niet aangepast aan luchtademhaling
 - klappen dicht zonder draagkracht water
 - teveel waterverlies door verdamping (uitdroging)
- Lucht in inwendige ademkanalen wordt verzadigd met waterdamp
 - tracheolen
 - bronchiolen in longen
- Efficiëntie longademhaling stijgt evolutief via
 - opbouw longen
 - systeem longventilatie

15

Longen

Luchtademhaling door longen:

- lucht geeft minder steun dan water
- water verdampst

De longen minimaliseren evaporatie door lucht rond te sturen in een sterk vertakt netwerk

Lucht heeft een neerwaartse druk, te wijten aan de zwaartekracht

- een druk van 760 mm Hg is 1 atmosferische druk (1.0 atm)

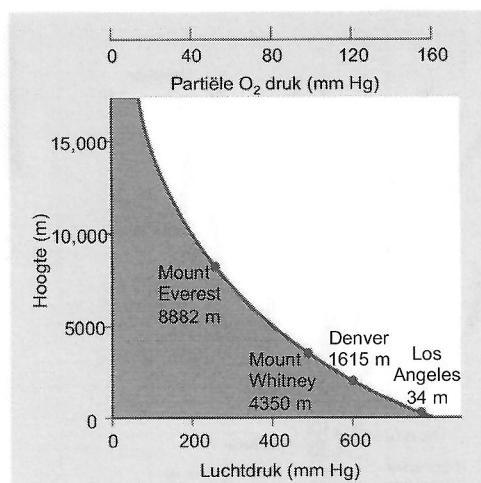
Partiële druk is de druk die een gas bijdraagt aan de totale atmosferische druk

- is gebaseerd op het % van het gas in droge lucht

$$-PN_2 = 760 \times 78.02\% = 593.5 \text{ mm Hg}$$

$$-PO_2 = 760 \times 20.95\% = 159.2 \text{ mm Hg}$$

$$-PCO_2 = 760 \times 0.03\% = 0.2 \text{ mm Hg}$$



Longen

Longen van amfibie :

- zakachtige uitstulpingen van de darm
- ademhalingsoppervlak nog niet sterk vergroot

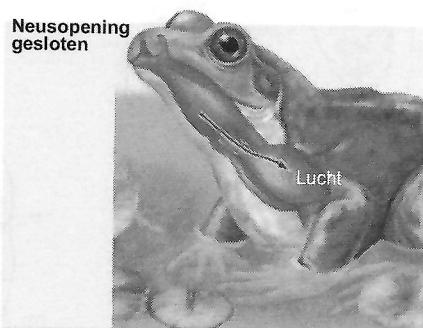
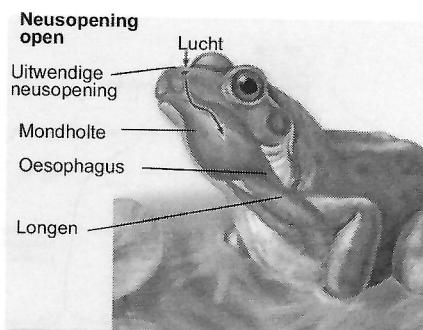
Amfibieën hebben een ‘positieve druk’ ademhaling

- lucht wordt in de longen gebracht door het creëren van een positieve druk in de mondholte = pulspomp

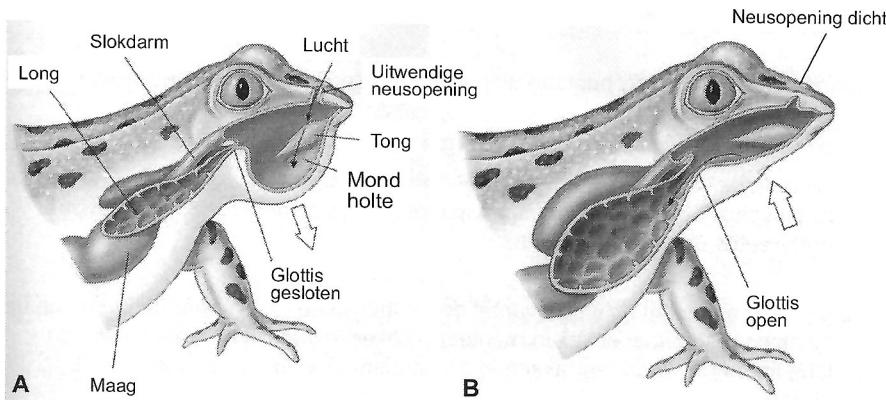
Reptielen hebben al meer longoppervlaktevergroting

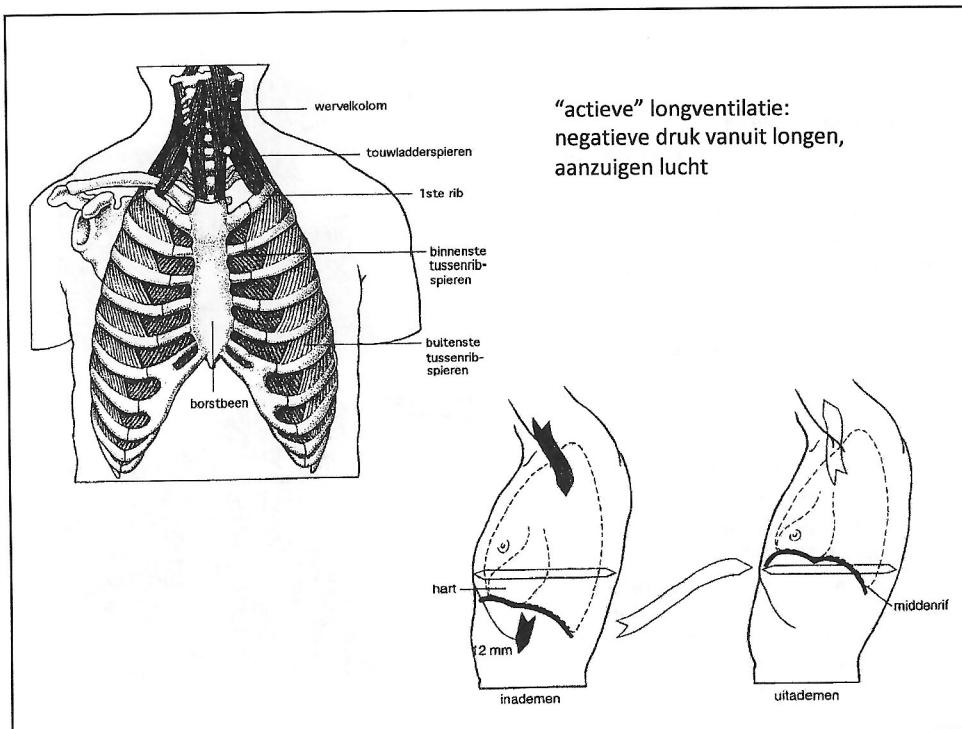
Reptielen hebben een ‘negatieve druk’ ademhaling

- expansie van de ribbenkast door musculaire contracties waardoor een negatieve druk in longen gecreëerd wordt → lucht wordt in longen gezogen



“passieve” longventilatie: positieve druk vanuit mondholte





Longen

Vogels en zoogdieren hebben een hogere metabolische activiteit (endotherm) en meer complexe ademhalingssystemen

Beide hebben een negatieve drukademhaling

Longen van zoogdieren bestaan uit miljoenen longblaasjes of alveoli (plaatsen van gasuitwisseling)

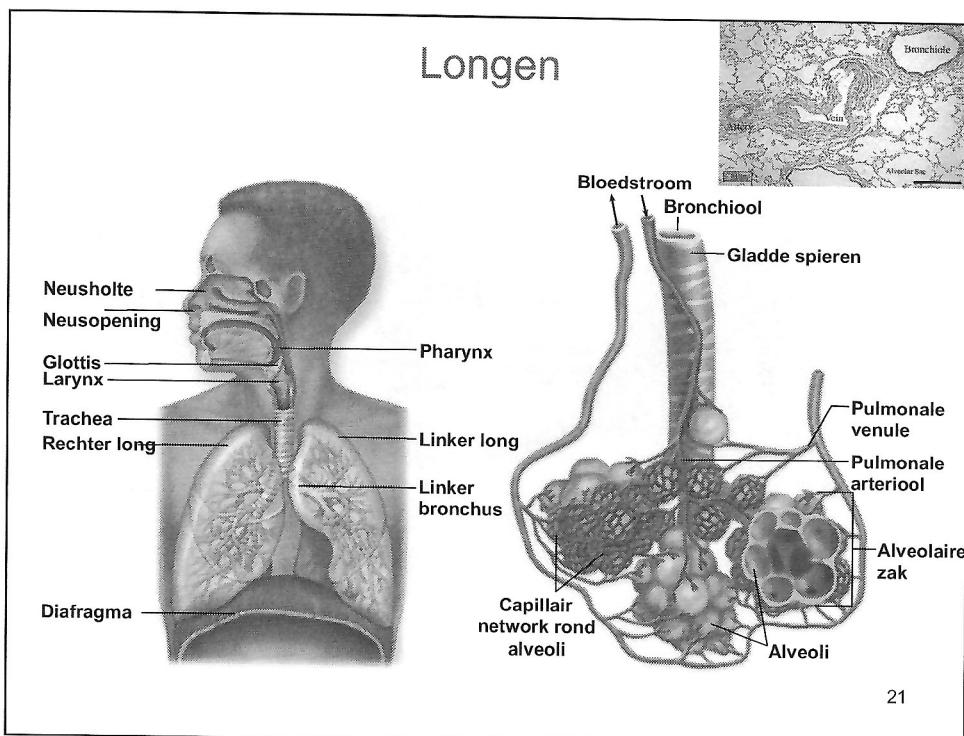
- zorgen voor enorme oppervlaktevergroting
- zijn omgeven door een extensief capillaire netwerk
- zijn slechts 1 cellaag dik en staan in direct contact met bloedcapillairen die ook slechts uit 1 cellaag bestaan

De ingeademde lucht passeert vanuit de farynx via de glottis naar de larynx en de luchtpijp of trachea, splitst in rechter en linker hoofdbronchi, die elk in een long lopen en verder vertakken in bronchi en bronchiolen en uiteindelijk alveoli

= **tweerichtingssysteem**

Bij mens: 300 miljoen alveoli in elke long, totale ademhalingsoppervlakte is 80 m^2

20



Longen

Longen van vogels vervoeren lucht doorheen zeer dunne kanaaltjes, parabronchi
De doorstroming is **unidirectioneel** !

- ➔ bekomen door de werking van anterieure en posterieure luchtzakken
 - uitgezet tijdens inhalatie ➔ nemen lucht op
 - gecomprimeerd tijdens uitademing ➔ duwen de lucht in en door de longen

Bij vogels gebeurt de ademhaling in 2 cycli:

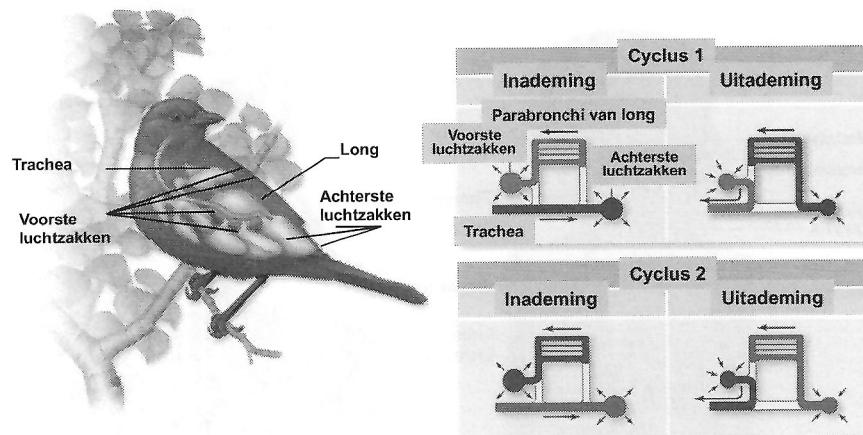
- cyclus 1 = ingeademde lucht wordt in de achterste luchtzakken gezogen en verder geduwd over de parabronchi in de longen
- cyclus 2 = lucht wordt vanuit de parabronchi in de longen in de voorste luchtzakken gezogen en uitgeademd via de trachea

Het bloed stroomt 90° ten opzichte van de luchtstroom = partieel tegenstroommechanisme of **kruisstroomuitwisseling**

Vogels hebben meest efficiënte longen !
vb spreeuw kan leven op 6000 m hoogte, muis niet

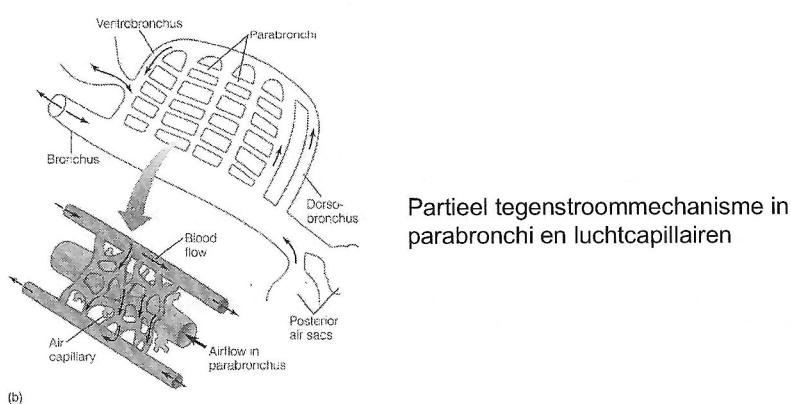
22

Longen



23

Longen



24

VENTILATIE BIJ ZOOGDIEREN

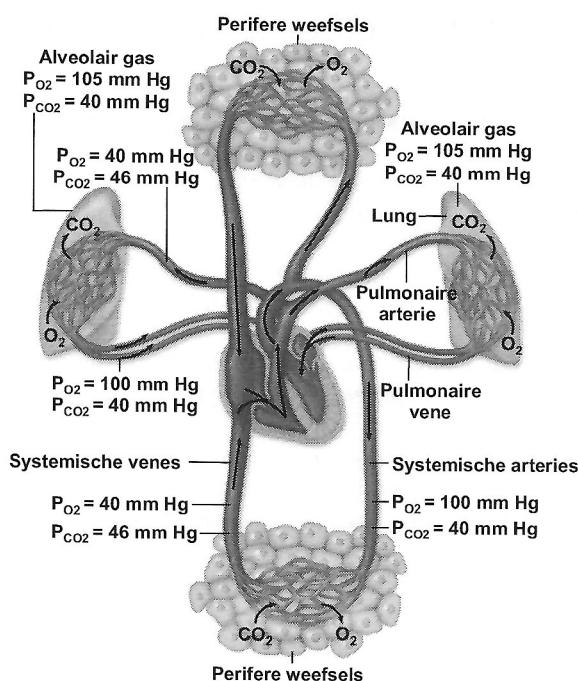
Gasuitwisseling wordt bepaald door **verschillen** in partiële drukken

- door gasuitwisseling in de longen vervoeren de systemische arteries O₂ rijk bloed met een relatief lage CO₂ waarde
- nadat zuurstof is afgegeven in de weefsels, dragen de systemische venen O₂ arm bloed met een relatief hoge CO₂ waarde

Partiële druk is de druk die een gas bijdraagt aan de totale atmosferische druk
-is gebaseerd op het % van het gas in droge lucht

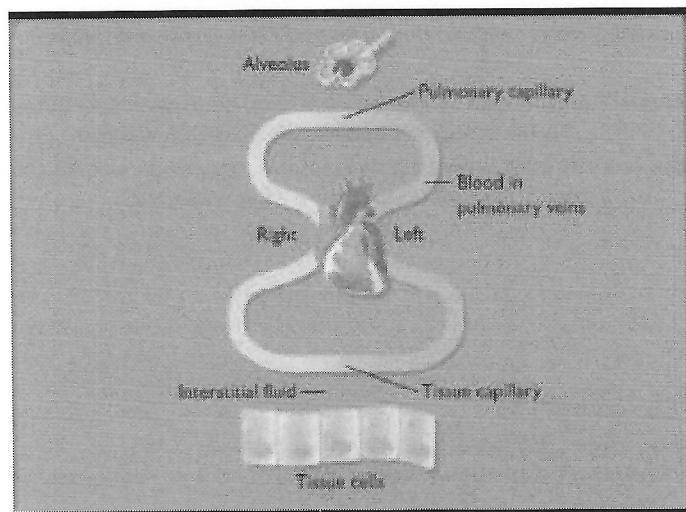
$$\text{-PO}_2 = 760 \times 20.95\% = 159.2 \text{ mm Hg}$$
$$\text{-PCO}_2 = 760 \times 0.03\% = 0.2 \text{ mm Hg}$$

25



26

Gasuitwisseling



27

Longstructuur en ventilatie

Elke long is bedekt met een visceraal pleuraal membraan
De binnenkant van de thoracale holte wordt afgelijnd door het parietaal pleuraal membraan
De ruimte tussen deze membranen is de pleurale holte
(kleine holte gevuld met vloeistof)

Bij **inademen** vergroot het thoracaal volume door contractie van **2 spieren**

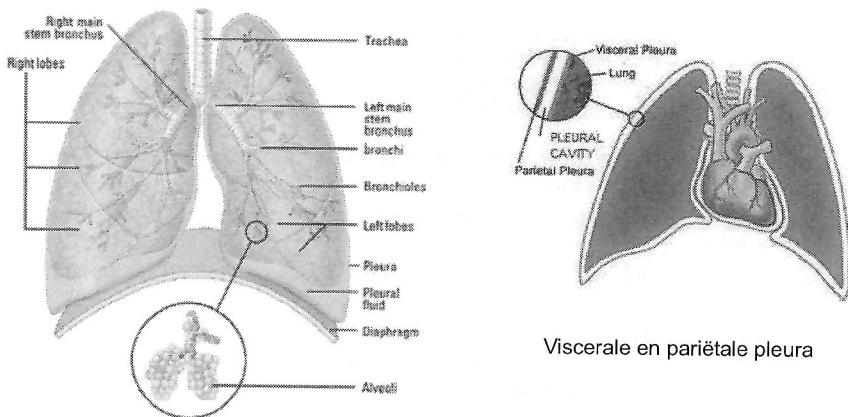
- contractie van de buitenste intercostale of tussenribspieren vergroot de ribbenkast
- contractie van het diafragma vergroot het volume van thorax en longen
➔ dit creëert een negatieve druk die lucht in de longen zuigt

Thorax en longen hebben een zekere graad van elasticiteit

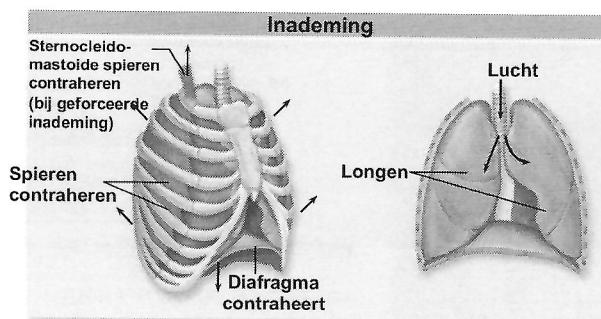
- uitzetting bij inademing brengt deze structuren onder elastische spanning
- spanning verdwijnt bij relaxatie van de buitenste intercostale spieren en het diafragma
- dit genereert een **onwillekeurige uitademing** die de thorax en longen doet verkleinen

28

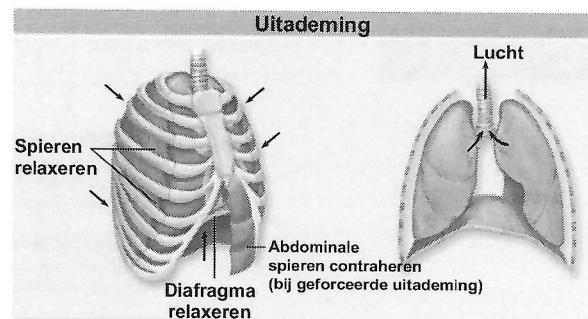
Longstructuur en ventilatie



29



a.



b.

30

Controle van longventilatie

Tidaal volume = luchtvolume dat in en uit de longen beweegt bij een persoon in rust (500 ml bij mens – 150 ml blijft in long = anatomisch dood volume))

Vitale capaciteit = maximale hoeveelheid lucht die kan uitgeademd worden bij een diepe inademing (4.6l – 3.1l bij mannen versus vrouwen)

Hypoventilatie = onvoldoende ademhaling

- bloed heeft een abnormaal **hoge** PCO₂

Hyperventilatie = overdreven ademhaling

- bloed heeft een abnormaal **lage** PCO₂

Elke ademhaling wordt geïnitieerd door neuronen in het respiratorisch controle centrum in de **medulla oblongata**

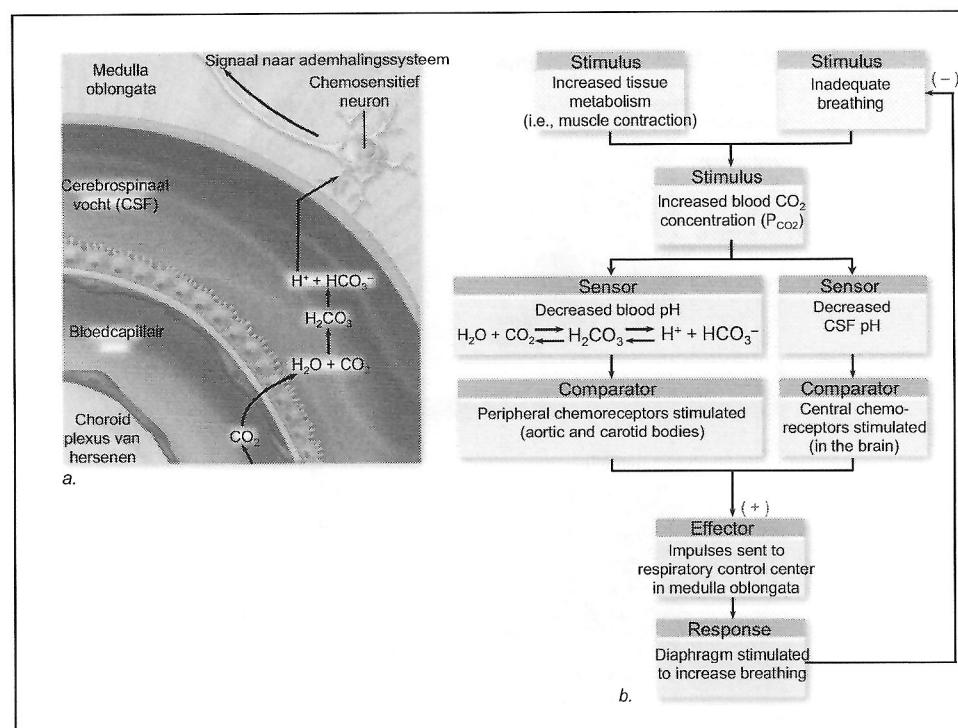
- neuronale impulsen stimuleren buitenste intercostale spieren en diafragma tot contractie
- als neuronen stoppen met sturen van impulsen, relaxeren ademhalingsspieren en gebeurt uitademing

Neuronen zijn vooral gevoelig aan **veranderingen in PCO₂ in het bloedplasma**

- een stijging in PCO₂ veroorzaakt een verhoogde productie van koolzuur (H₂CO₃), wat leidt tot een **pH verlaging**

- dit stimuleert perifere chemosensitieve neuronen in de aorta- en carotide lichaampjes, die impulsen sturen naar het controle centrum

De hersenen bevatten ook centrale chemoreceptoren die gevoelig zijn aan **pH** 31 veranderingen van het cerebrospinaal vocht (CSF)



TRANSPORT VAN GASSEN

Bloedplasma kan 3 ml O₂ per l bloed vervoeren
Bloed bevat 200 ml O₂ per l

O₂ gebonden aan ademhalingspigmenten:

- **Hemoglobine:**
bevat Fe
donkerrood → helrood (oxyhemoglobine)
in rode bloedcellen/plasma/hemolymfe
- **Hemocyanine:**
bevat Cu
kleurloos → blauw
in hemolymfe
- **Myoglobine in spieren**
bevat Fe en 1 polypeptide keten
hogere affiniteit voor O₂
Zee-olifanten hebben hoge O₂ reserves in spieren

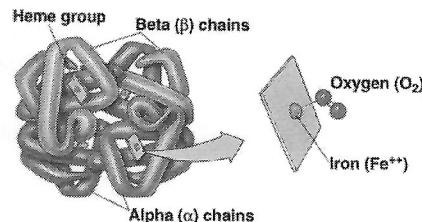
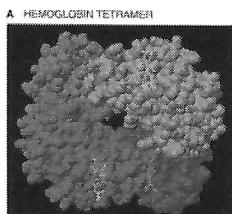


Transport van O₂

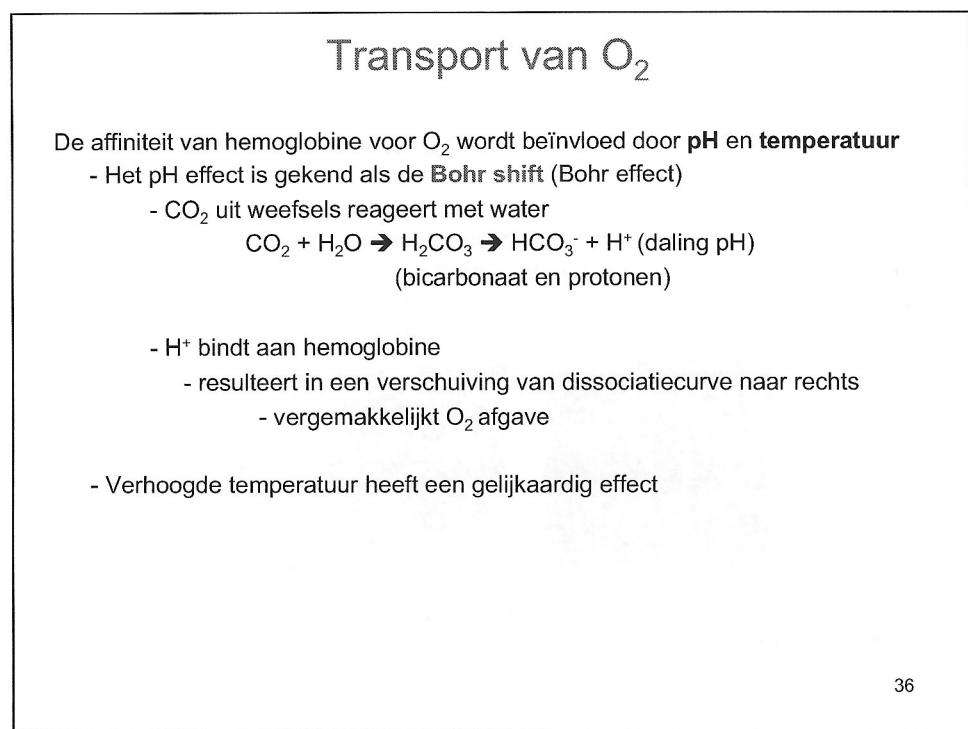
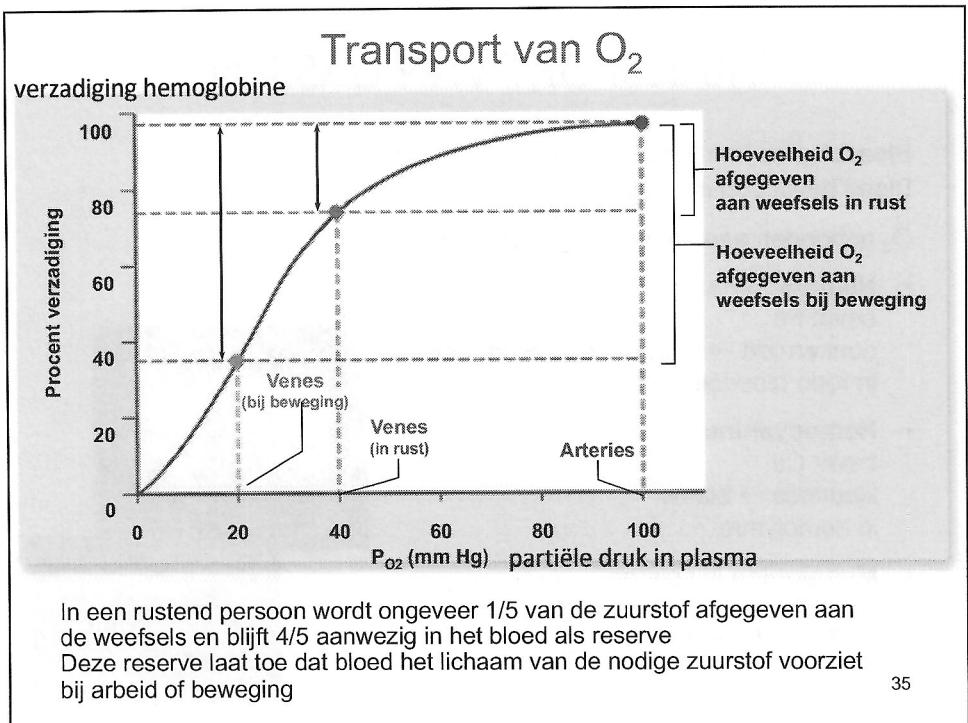
O₂ wordt gebonden aan hemoglobine aanwezig in RBCs van alle vertebraten
Hemoglobine bestaat uit 4 polypeptideketens: 2α en 2 β ketens

- elke keten is geassocieerd met een ‘heem’ groep
- elke heemgroep heeft 1 centraal ijzeratoom dat 1 O₂ kan binden

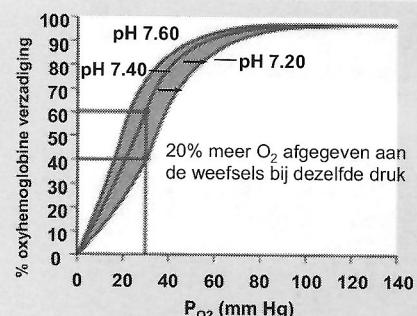
Hemoglobine laadt zich op met O₂ molecules in de longen en vormt oxyhemoglobine
In de capillairen van de weefsels verliest hemoglobine O₂ molecules en vormt hierbij deoxyhemoglobine



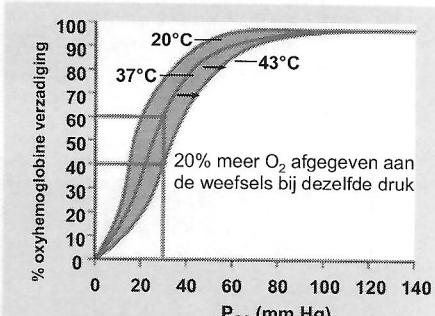
De oxyhemoglobine dissociatiecurve is een grafische voorstelling van de hierboven besproken veranderingen



Transport van O₂



a. pH shift



b. Temperatuur shift

37

Transport van CO₂

Ongeveer 8% van het CO₂ in bloed is opgelost in plasma, en 20% is gebonden aan hemoglobine in de rode bloedcellen (niet aan Fe)

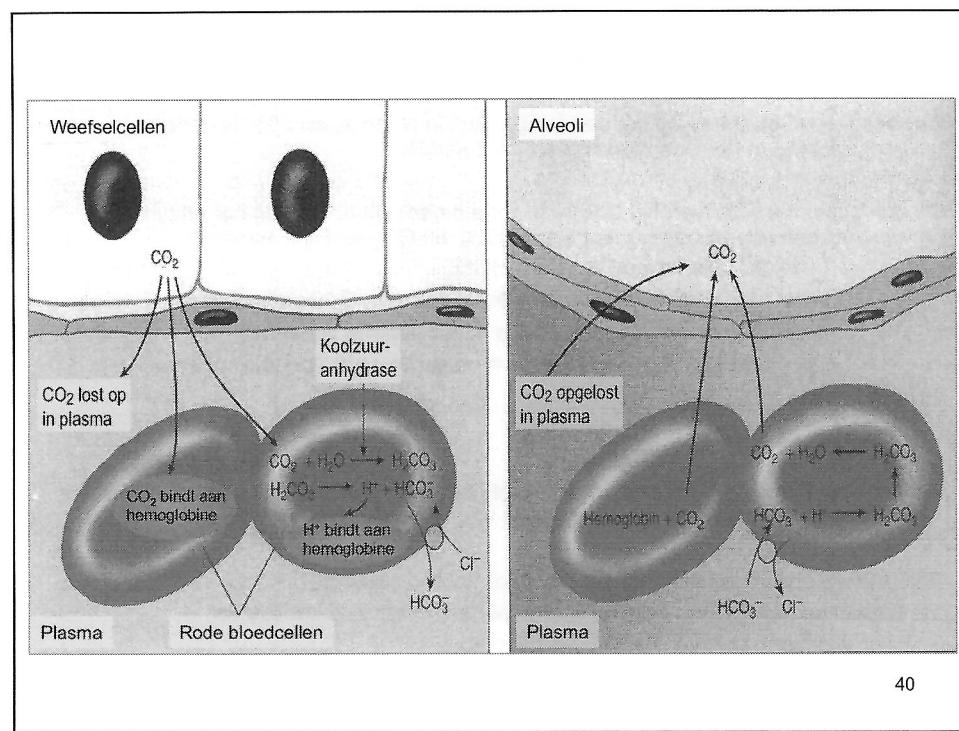
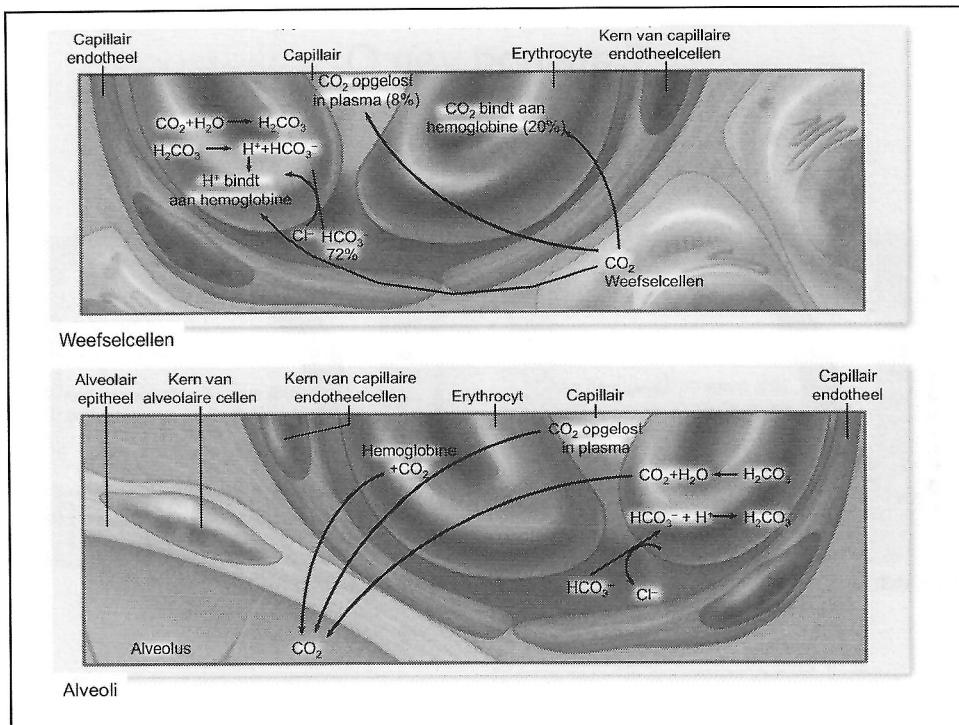
De overblijvende 72% verblijft ook in de rode bloedcellen, waarbij het enzyme koolzuuranhydراse de vorming van H₂CO₃ uit CO₂ en H₂O versnelt

- H₂CO₃ dissociert in H⁺ en HCO₃⁻
- H⁺ bindt aan hemoglobine → pH daalt en O₂ wordt vrijgezet
- HCO₃⁻ verdwijnt uit de RBCs in het plasma via een Cl⁻ / HCO₃⁻ uitwisselaar = **chloride shift (passief proces)**

Als het bloed langs de longcapillairen komt worden de hierboven vermelde reacties omgekeerd met als resultaat productie van CO₂ gas, dat uitgeademd wordt

Ook andere opgeloste gassen worden door hemoglobine gebonden:
vb **stikstofoxide** (NO) in plasma - regulatorische rol in vasodilatatie
koolstofmonoxide (CO) – CO vergiftiging !

38



Respiratorische aandoeningen bij mens

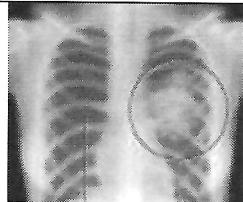
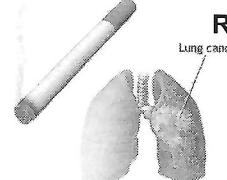
Vele respiratorische aandoeningen verminderen de gasuitwisseling.

Men onderscheidt:

- **Obstructieve longziektes**
 - vernauwing van de bronchiolen die luchtstroom in longen bemoeilijkt
 - bvb COPD zoals astma, mucoviscidose
- **Restrictieve longziektes**
 - verlies van longuitzetbaarheid, resulterend in verminderde longexpansie
 - bvb infant respiratory distress syndrome (IRDS), pulmonair oedeem
- **Infectie van de bovenste luchtwegen**
 - meest voorkomend, soms gepaard met infecties in specifieke organen
 - bvb verkoudheid, sinusitis, middenoorontsteking, keelontsteking
- **Infectie van de lagere luchtwegen**
 - bvb longontsteking

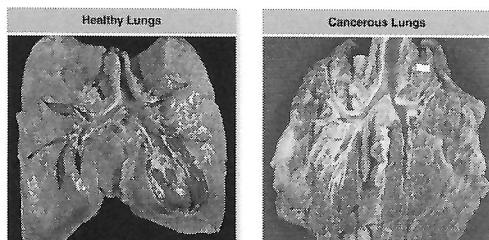
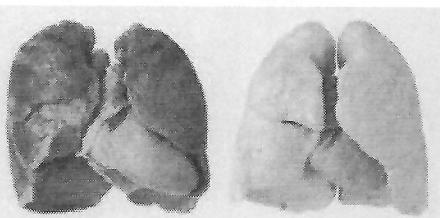
41

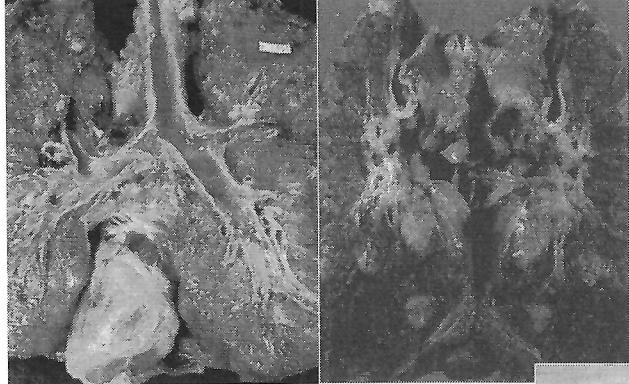
ROKEN SCHAADT DE GEZONDHEID !



- Chronische obstructieve pulmonaire aandoening (COPD) verwijst naar elke aandoening die de luchtstroom blokkeert op een lange-termijnsbasis
- Chronische bronchitis = onstekingsprocessen in bronchioli
- Emfyseem = alveolaire wanden breken af en de longen krijgen grotere maar minder alveoli, de longen zijn dan sterker uitgerekt
- Asthma = een allergeen initieert de vrijzetting van histamine en veroorzaakt een intense constrictie van de bronchi (gladde spiercellen)

- Longkanker gaat vaak gepaard met of volgt op COPD





- 20 sigaretten / dag
= 150 ml teer, koffiekopje / jaar
- kanker longen, slokdarm, strottehoofd, mond en blaas
- langdurige meeroken in rokerige ruimte
= actief roken 5 sigaretten

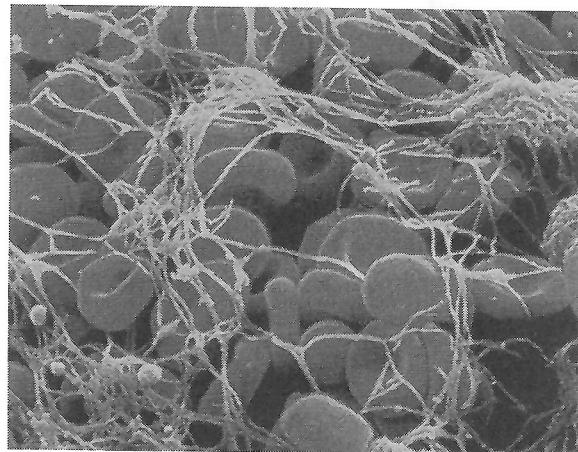
Longkanker:

- roken
- luchtpollutie



HET BLOEDVATENSTELSEL

(hoofdstuk 49 in handboek)



BLOED EN BLOEDCOMPONENTEN

Bloed is bindweefsel samengesteld uit een vloeibare matrix, het plasma, en gevormde elementen

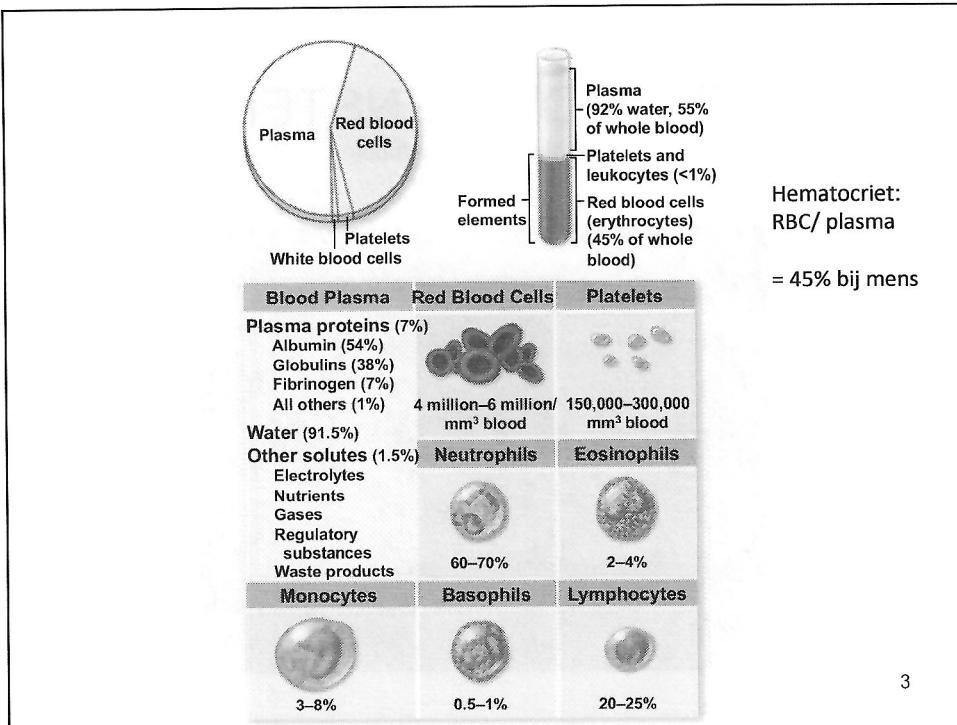
Functies van circulerende bloed:

1. Transport van materialen
 - aanvoer van O₂ en voedingsstoffen
 - afvoer van CO₂ en afvalproducten
2. Regulatie van lichaamsfuncties
 - vervoer van hormonen
 - constant houden lichaamstemperatuur
3. Protectie tegen beschadiging en invasie
 - bloedstolling bij verwonding
 - immuniteit

Plasma bestaat uit 92% water, en volgende opgeloste stoffen :

- Nutriënten, afvalproducten, en hormonen
- Ionen (Na⁺, Cl⁻, HCO₃⁻ --- Mg²⁺, K⁺, Ca²⁺)
- Plasmaproteïnen
 - albumine, alpha (α) & beta (β) globulines (carrier: lipiden, steroïdhormonen)
 - fibrinogeen (plasma zonder fibrinogeen = serum) (bloedstolling)

2



3

Bloedcomponenten

Rode bloedcellen (RBCs of erythrocyten)

- ongeveer 5 miljoen per microliter bloed
- **hematocriet** is de fractie van het totale bloedvolume ingenomen door RBC
- RBCs van vertebraten bevatten hemoglobine (O_2 transport)

Witte bloedcellen (leukocyten)

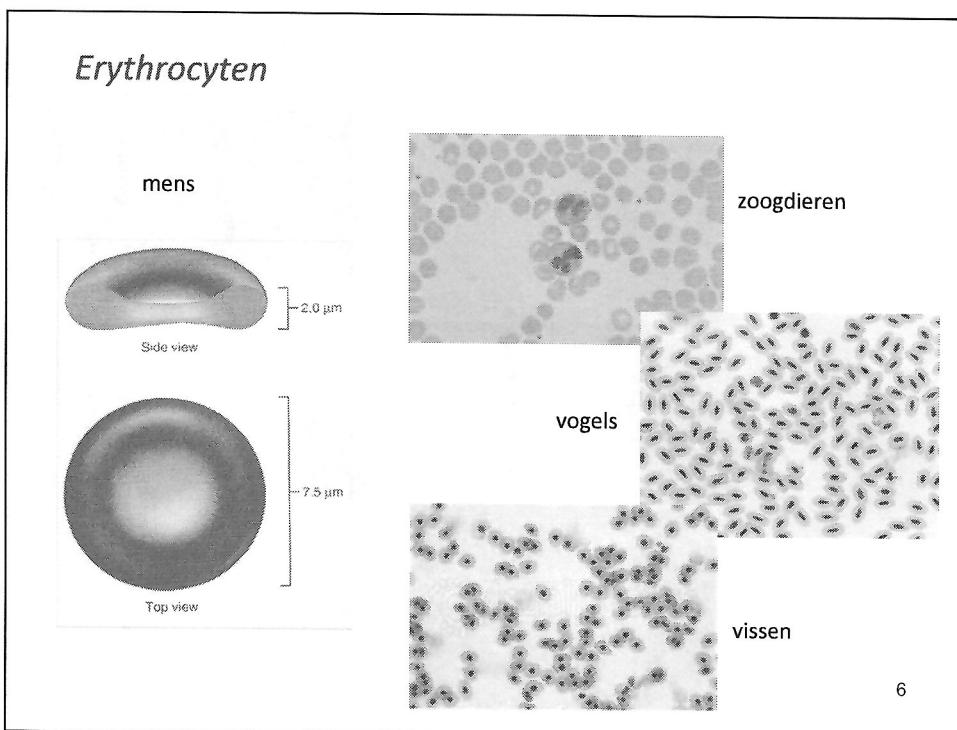
- minder dan 1% van bloedcellen
- groter dan RBCs en met kern
- kunnen uit capillairen migreren
 - granulaire leukocyten
 - neutrofielen, eosinofielen, and basofielen
 - agranulaire leukocyten
 - monocyten en lymfocyten

Bloedplaatjes (thrombocyten)

- celfragmenten afkomstig van grotere cellen in het beenmerg, de megakaryocyten
- geen kern
- zorgen voor vorming van bloedklonters

4

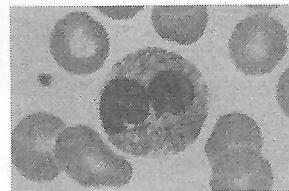
Bloedcel	Levensduur in het bloed	Functie
Erythrocyst	120 dagen	O ₂ en CO ₂ transport
Neutrofiel	7 uur	Immuun-defensie
Eosinofiel	onbekend	Verdediging tegen parasieten
Basofiel	onbekend	Ontstekings-reactie
Monocyt	3 dagen	Immuun-afweer (precursor van weefsel-macrfagen)
B lymphocyt	onbekend	Antilichaam-productie (precursor van plasmacellen)
T lymphocyt	onbekend	Cellulaire immuun-respons
Bloed-plaatjes	7-8 dagen	Bloedstolling



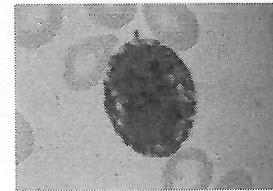
Leukocyten



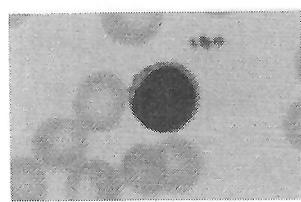
neutrofiele granulocyt



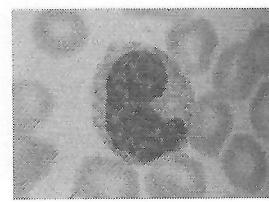
eosinofiele granulocyt



basofiele granulocyt



lymfocyt

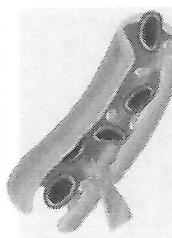
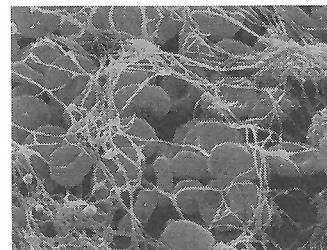


monocyt

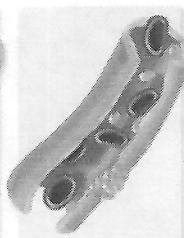
✓ rol in het immuun systeem (zie Chapter 51)

7

Thrombocyten



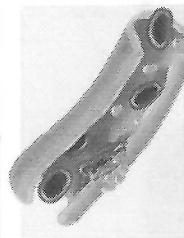
1. Vessel is damaged, exposing surrounding tissue to blood.



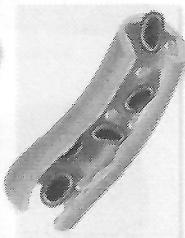
2. Platelets adhere and become sticky, forming a plug.

Prothrombine
↓
Thrombine
Fibrinogen
↓
Thrombine
Fibrine

3. Cascade of enzymatic reactions is triggered by platelets, plasma factors, and damaged tissue.

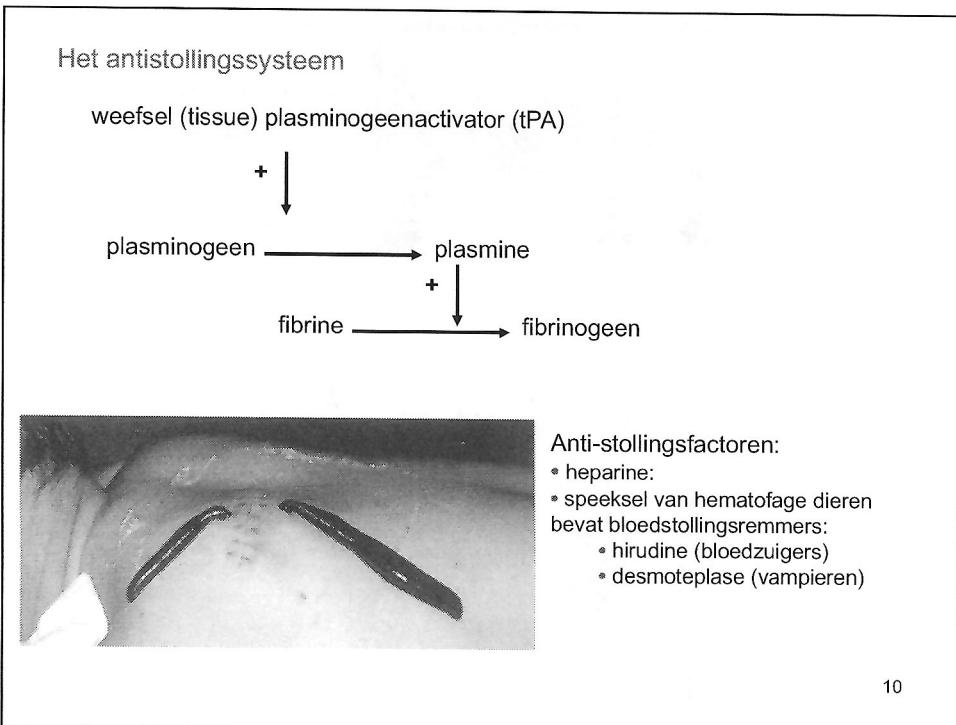
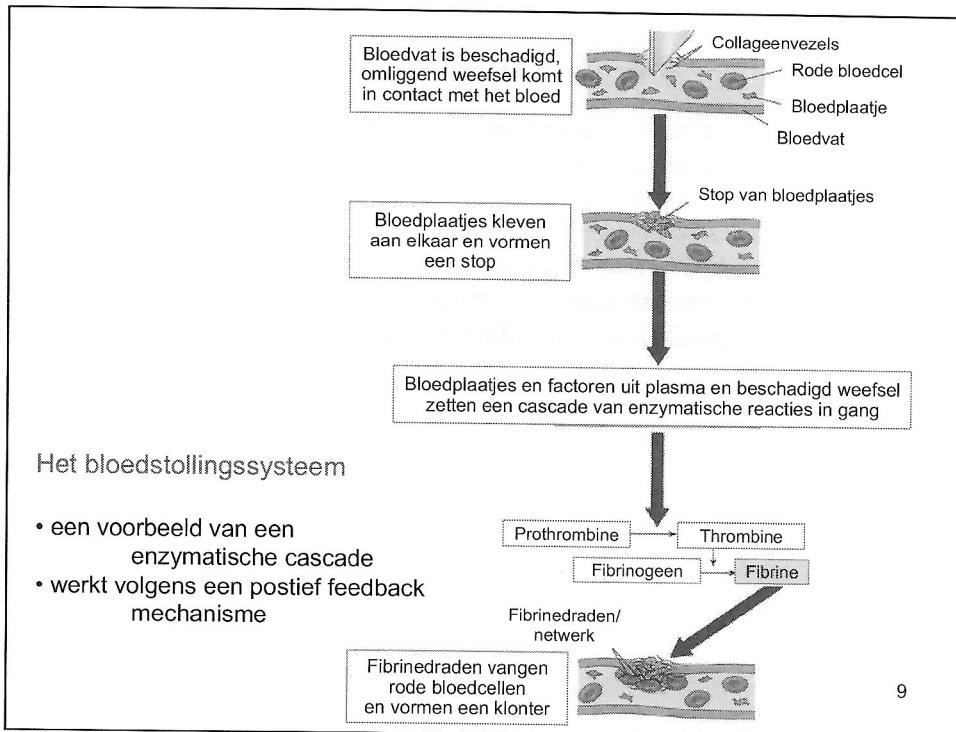


4. Threads of fibrin trap erythrocytes and form a clot.



5. Once tissue damage is healed, the clot is dissolved.

8



Bloedcomponenten

Alle gevormde elementen ontwikkelen uit pluripotente stamcellen

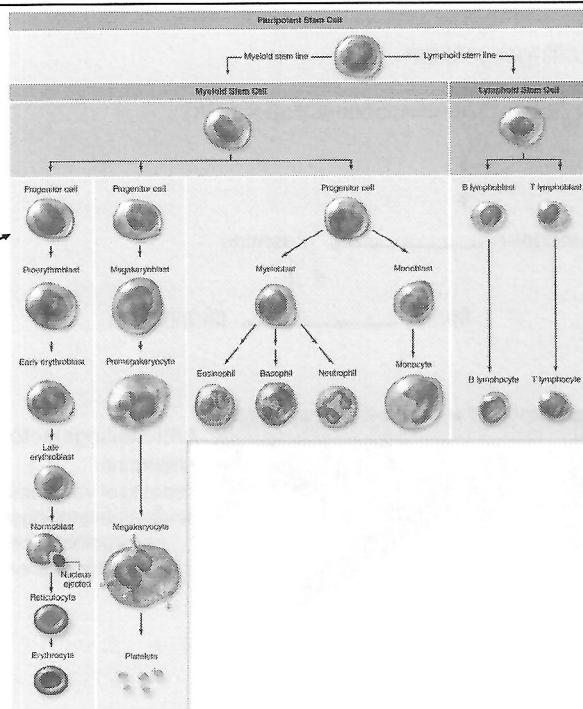
Hematopoïese = bloedcelproductie

- gebeurt in het beenmerg vanuit
 - lymfoïde stamcellen → lymfocyten
 - myeloïde stamcellen → alle andere bloedcellen
 - vb productie van RBC's = erythropoïese

gebeurt onder invloed van het hormoon erythropoïetine (EPO)

11

EPO
= erythropoietine



12

CIRCULATIESYSTEMEN BIJ INVERTEBRATEN

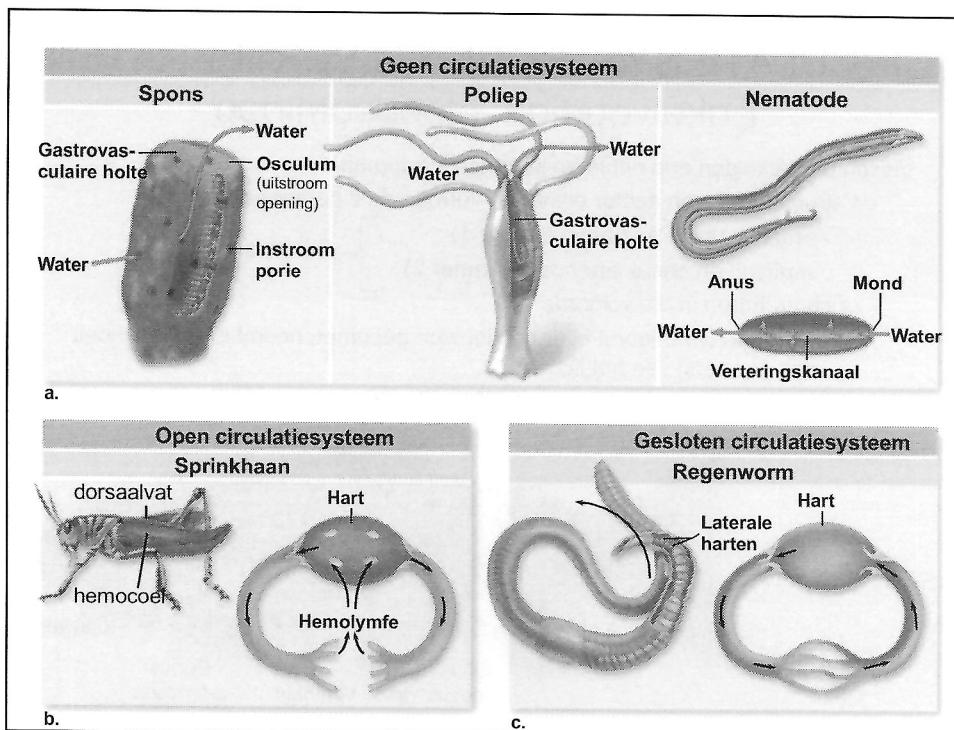
Sponzen, neteldieren en nematoden hebben geen apart bloedvatenstelsel

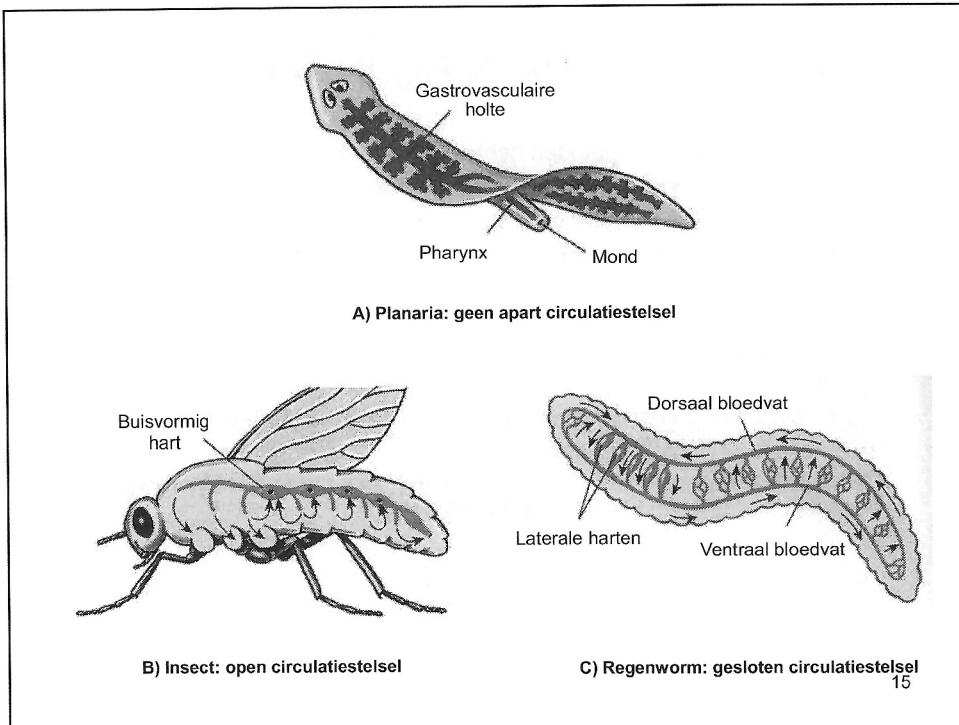
- Sponzen circuleren water via vele instroomopeningen en 1 uitstroomopening
- Neteldieren circuleren water via een gastrovasculaire holte (ook voor vertering)
- Nematoden zijn zeer dun → het verteringskanaal doet ook dienst als circulatiesysteem

Grotere dieren hebben een apart circulatiesysteem voor transport van nutriënten en afval

- Open circulatiesysteem = geen onderscheid tussen circulerende en extracellulaire vloeistof = hemolymfe
- Gesloten circulatiesysteem = aparte circulerende vloeistof in bloedvaten die getransporteerd wordt van en naar het hart = bloed

13



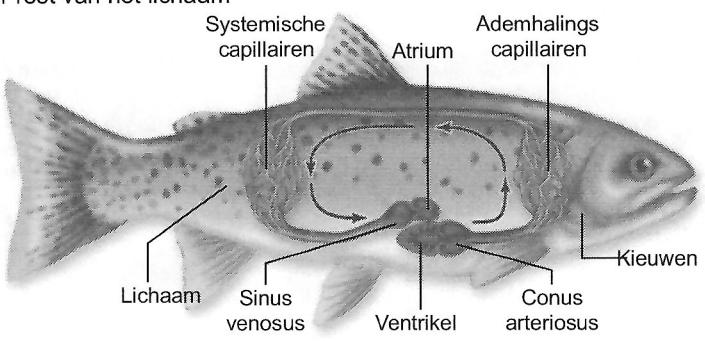


CIRCULATIESYSTEMEN BIJ VERTEBRATEN

Enkelvoudige bloedsomloop

Vissen ontwikkelden een echte 'gekamerde' hartpomp

- 4 structuren liggen achter elkaar en vormen de 2 pompende kamers
 - sinus venosus en atrium (kamer 1)
 - ventrikel en conus arteriosus (kamer 2)
- ze contraheren in die volgorde
- O₂ arm bloed wordt eerst over de kieuwen gepompt, neemt O₂ op en vloeit dan naar rest van het lichaam



Dubbele bloedsomloop

Het ontstaan van longen bij amfibieën maakte een tweede pompcircuit noodzakelijk = dubbele circulatie

- Pulmonaire (pulmonale) circulatie: beweegt bloed tussen hart en longen
- Systemische circulatie: beweegt bloed tussen hart en de rest van lichaam

Amfibieën en de meeste reptielen hebben een 3-kamerhart, 2 atria en 1 ventrikel

- O₂ rijk en O₂ arm bloed vermengen slechts weinig

Amfibieën die in het water leven, verkrijgen extra zuurstof via diffusie doorheen de huid

Reptielen hebben een septum dat het ventrikel partieel verdeelt

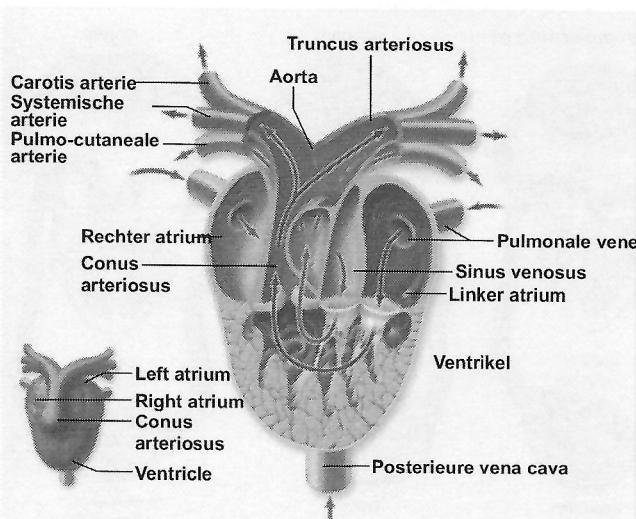
- verminderde menging van O₂ arm en O₂ rijk bloed

Krokodillen, vogels en zoogdieren hebben een 4-kamerhart met 2 aparte atria en 2 aparte ventrikels

- rechter atrium ontvangt O₂ arm bloed vanuit het lichaam en geeft het door aan het rechter ventrikel dat het verder pompt naar de longen
- linker atrium ontvangt O₂ rijk bloed van de longen en geeft het door aan het linker ventrikel dat het verder pompt naar de rest van het lichaam

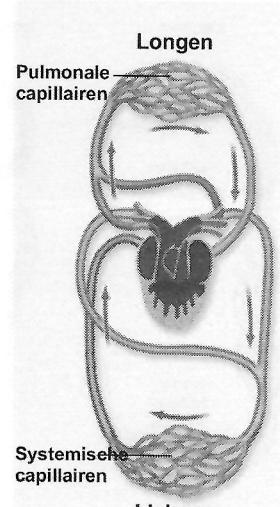
17

Hart van een amfibie



a.

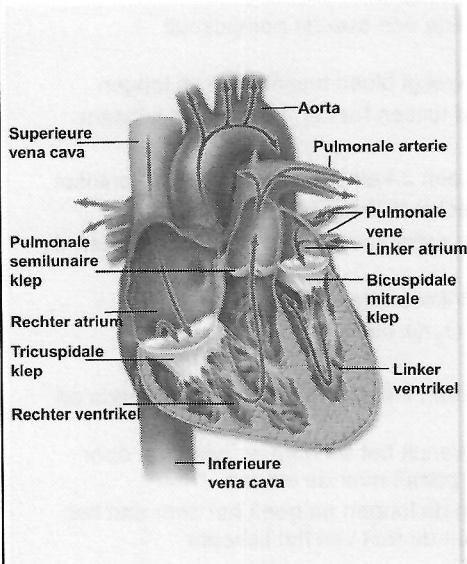
3-kamerhart



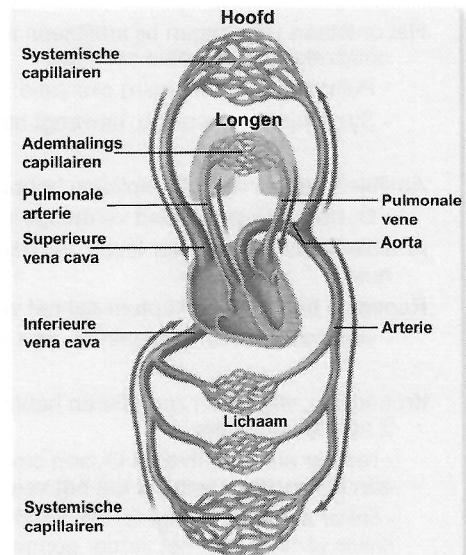
b.

18

Hart van een zoogdier



a. 4-kamerhart

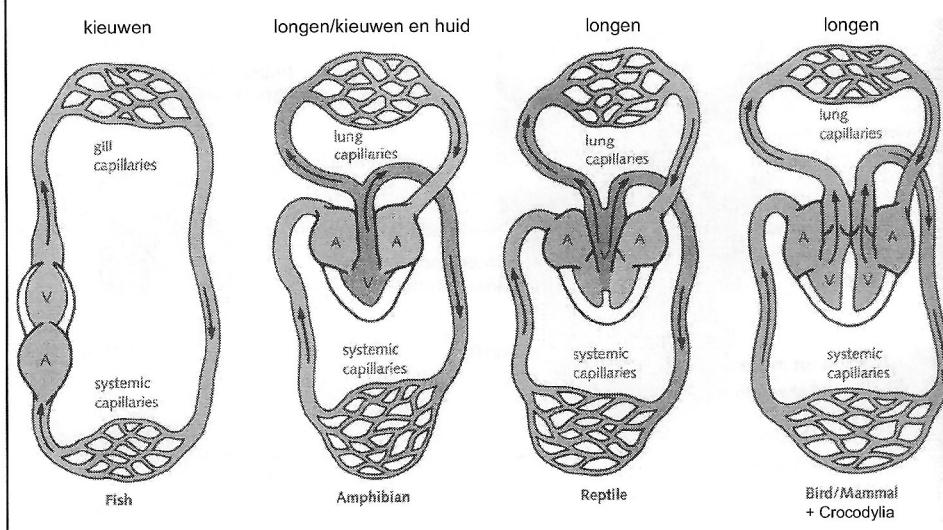


b.

19

Vereenvoudigd schema

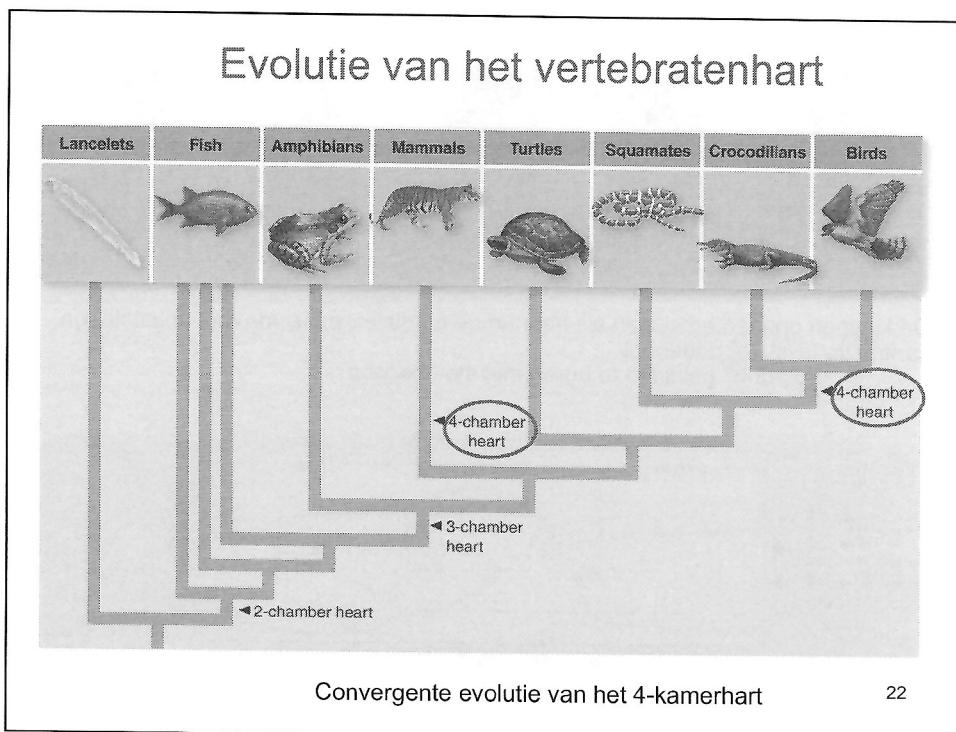
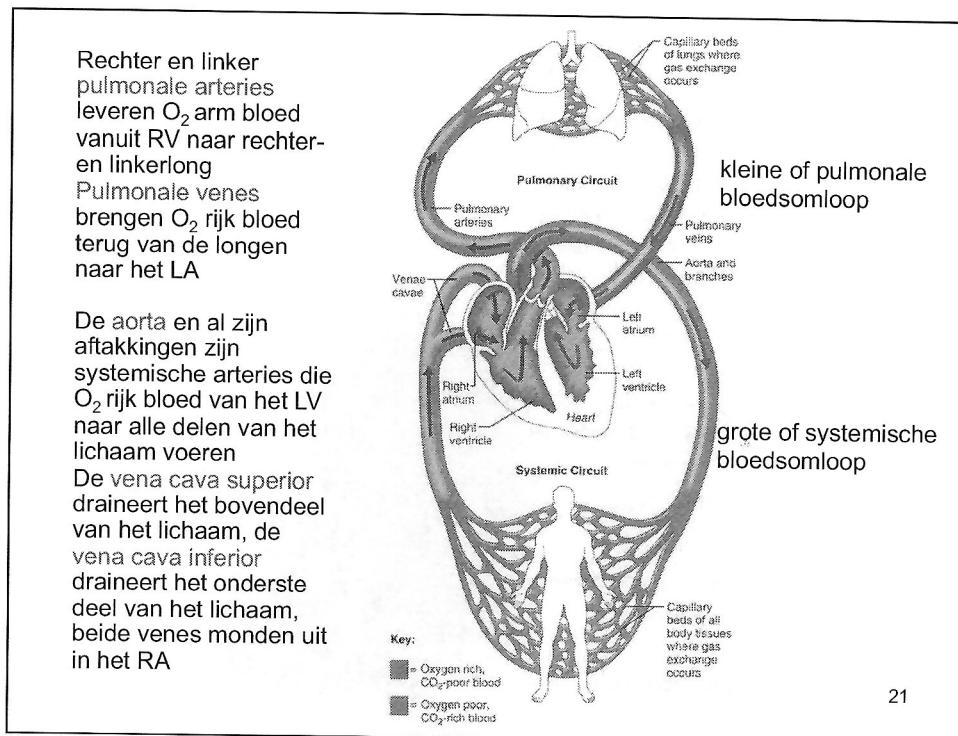
Opname van zuurstof ter hoogte van:



Enkelvoudige bloedsomloop

Dubbele bloedsomloop

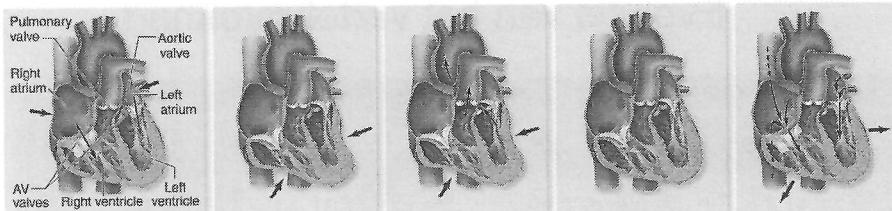
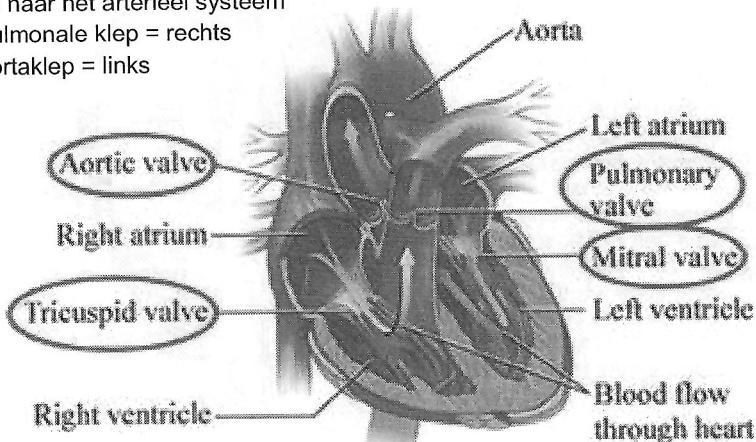
20



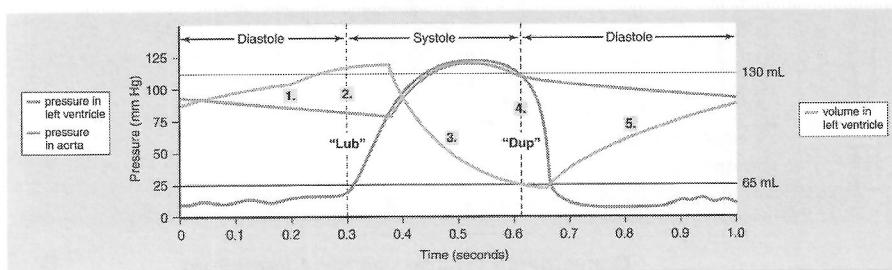
DE HARTCYCLUS

Het 4-kamer hart bezit 2 paar kleppen:

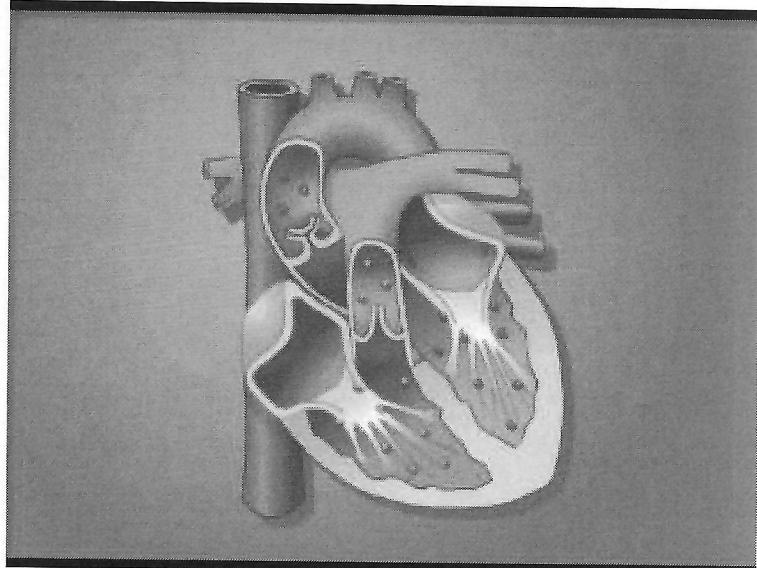
- Atrioventriculaire (AV) kleppen tussen de atria en ventrikels
 - Tricuspidale klep = rechts
 - Bicuspidale of mitrale klep = links
- Semilunaire (halfmaanvormige) kleppen ter hoogte van de uitgangen van de ventrikels naar het arterieel systeem
 - Pulmonale klep = rechts
 - Aortaklep = links



De kleppen openen en sluiten als het hart de cardiale cyclus van rust (diastole) en contractie (systole) doorloopt
- “lub-dub” geluiden te horen met stethoscoop



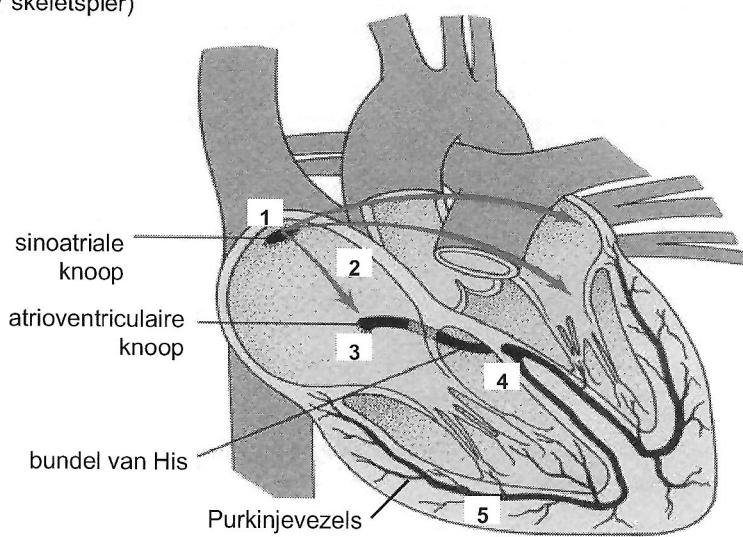
De hartcyclus



25

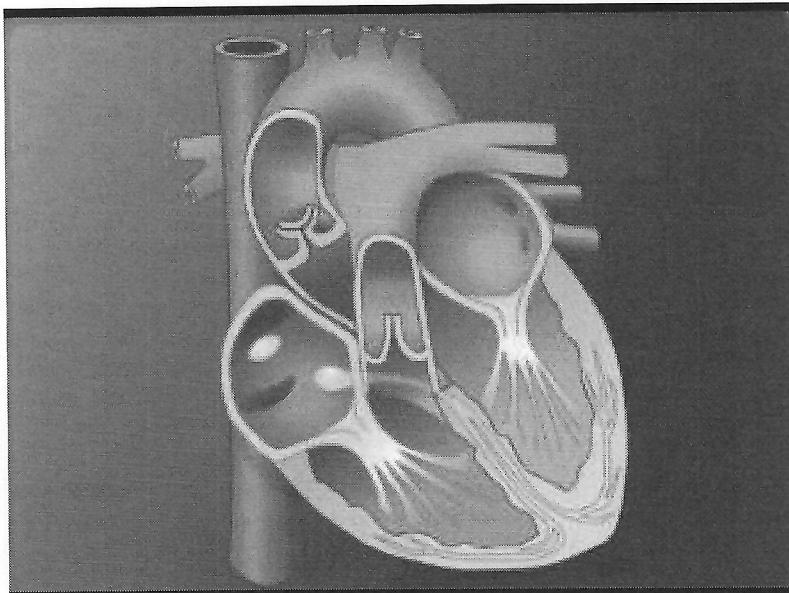
De hartcyclus

Contractie van de hartspier wordt gestimuleerd door membraandepolarisatie
(cfr skeletspier)



26

De hartcyclus



27

De hartcyclus

De membraandepolarisatie start vanuit de sino-atriale (SA) knoop, de meest belangrijke van de autorythmische vezels, = de pacemaker van het hart

- gelegen in rechter atrium
- produceert een spontane actiepotentiaal

De depolarisatie zet zich verder in de atrioventriculaire (AV) knoop, wordt dan geleid over de 2 ventrikels via de atrioventriculaire bundel = bundel van His

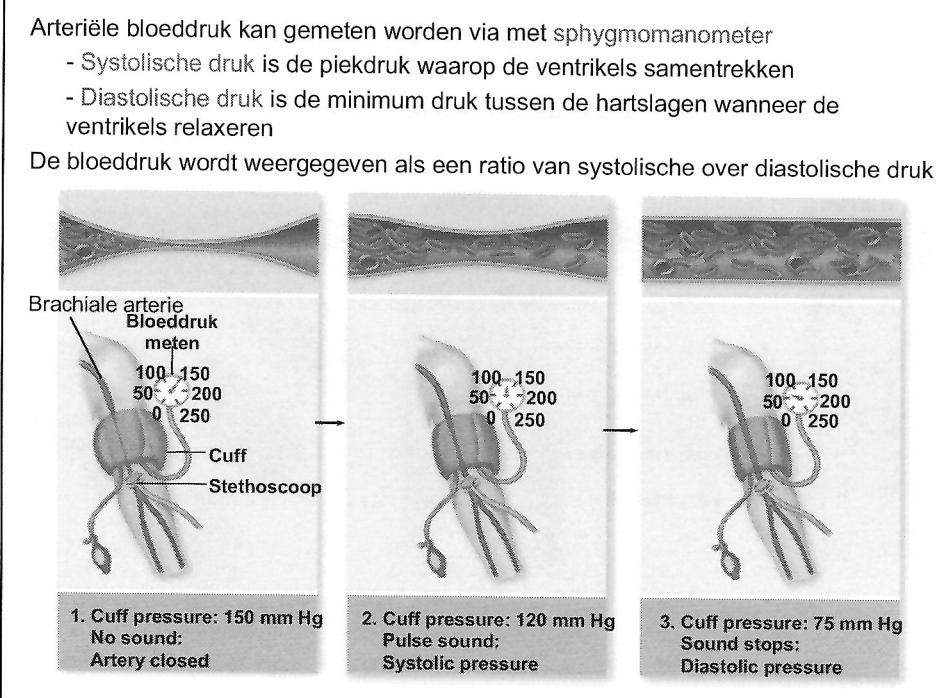
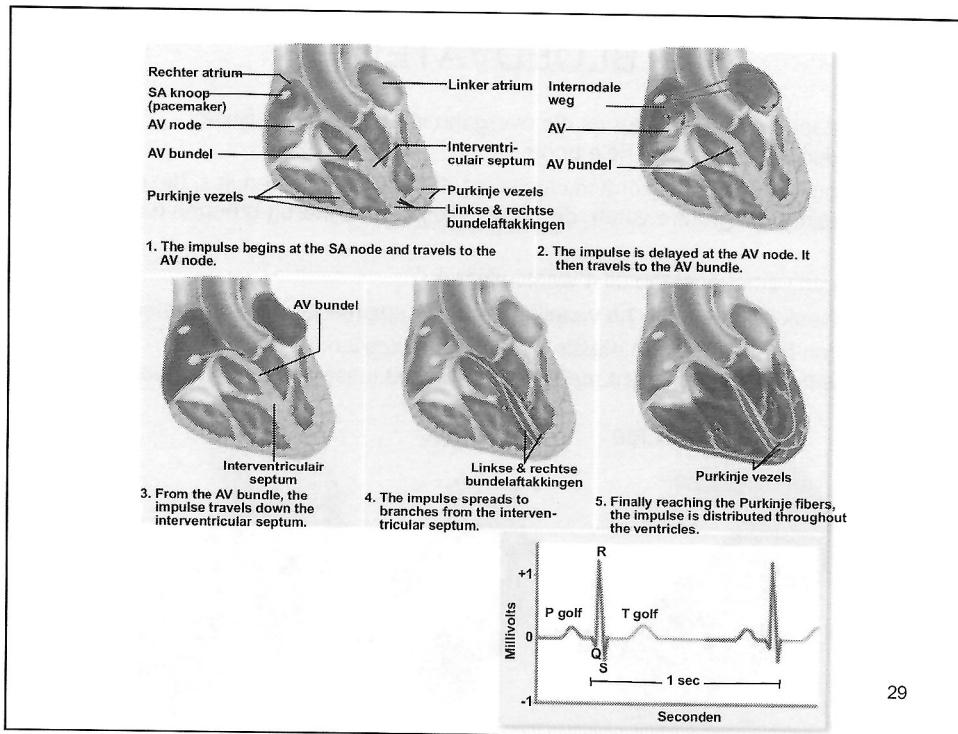
De depolarisatie komt uiteindelijk tot in de Purkinje vezels die de myocardiale cellen onmiddellijk stimuleren tot contractie

Contractie wordt gecontroleerd door Ca^{2+} en het troponine/tropomyosine systeem

De elektrische activiteit kan worden opgemeten via een elektrocardiogram (ECG of EKG)

- 1ste piek (P) wordt veroorzaakt door depolarisatie van de atria (atriale systole)
- 2de hogere piek (QRS) wordt veroorzaakt door ventriculaire depolarisatie (ventriculaire systole)
- 3de piek (T) wordt geproduceerd door repolarizatie van de ventrikels (ventriculaire diastole)

28

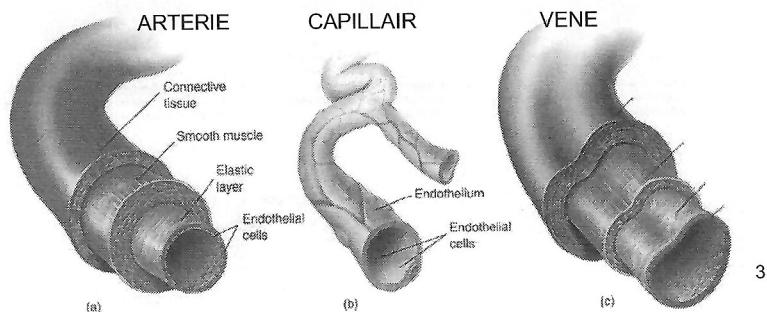


BLOEDVATEN

Bloed verlaat het hart via arteries die overgaan in arteriolen, de fijnste vertakkingen van de arteriële boom

Bloed vanuit de arteriolen komt in capillairen die draineren in venules, die dan weer leiden tot grotere vaten, de venen, die het bloed terug brengen naar het hart

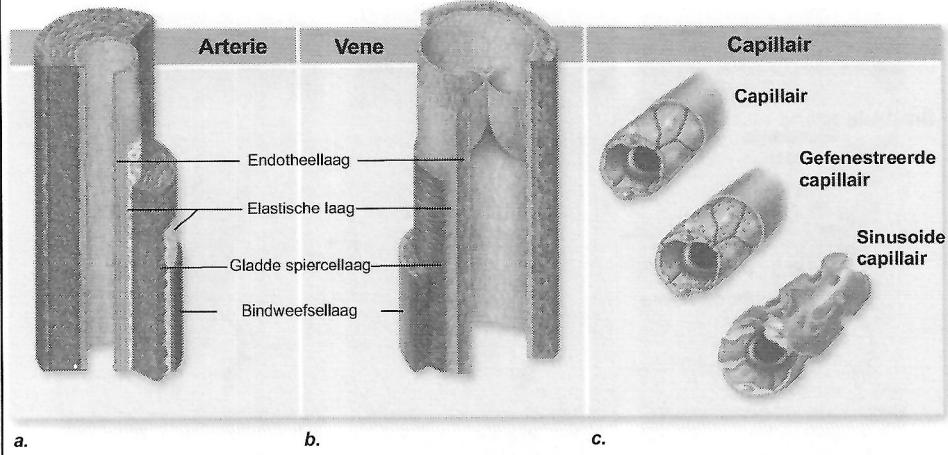
- Arteries en venen bestaan uit 4 weefsellagen:
endotheelcellen, elastische vezellaag, gladde spiercellen en bindweefsel
- Capillairen bestaan uit een enkele laag endotheelcellen wat een snelle uitwisseling van gassen en metabolieten toelaat tussen bloed en lichaamcellen



31

Bloedvaten

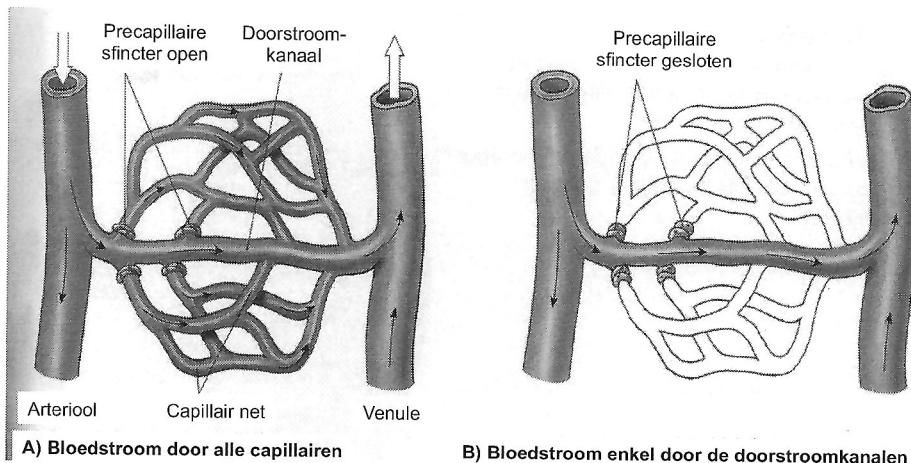
Capillairen hebben een verschillende doorlaatbaarheid in verschillende weefsels



32

Bloedvaten

Capillaire netwerken

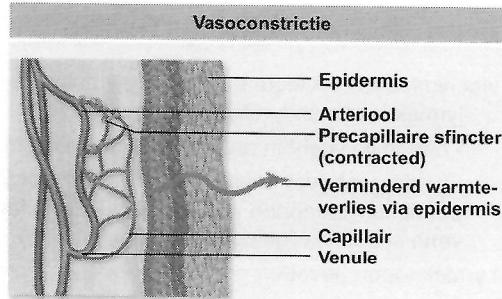


33

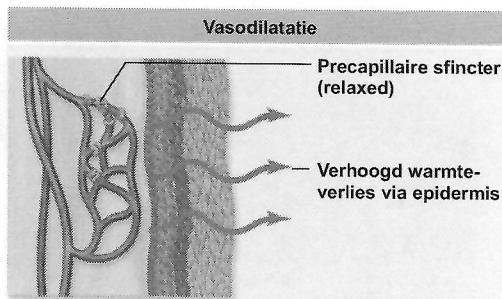
Bloedvaten

Arteries en arteriolen

- Contractie van de gladde spiercellaag resulteert in vasoconstrictie, wat leidt tot verhoogde resistentie en een verlaging van de bloedstroom
- Chronische vasoconstrictie kan resulteren in hypertensie (hoge bloeddruk)
- Relaxatie van de gladde spiercellaag resulteert in vasodilatatie, leidend tot verlaagde resistentie & verhoogde bloedstroom naar de organen



a.

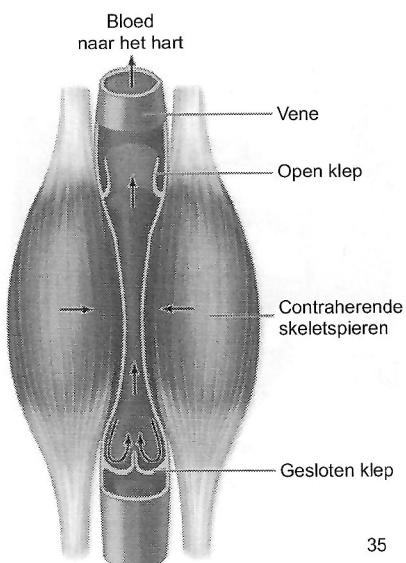


b.

Bloedvaten

Venen en venules

- hebben een dunne laag van gladde spiercellen
- brengen bloed terug naar het hart met behulp van skeletspiercontracties = veneuse pomp
- bezitten ook veneuse kleppen die ervoor zorgen dat het bloed in 1 richting stroomt



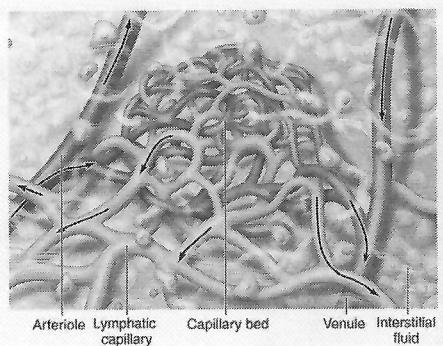
35

Het lymfatisch systeem

Het lymfatisch systeem bestaat uit lymfatische capillairen, lymfevaten, lymfeknopen en lymfatische organen

- overtollig vocht in de weefsels draineert in blind-eindigende lymfe capillairen
- lymfe gaat over in progressief groter wordende vaten met éénrichtingskleppen, en komt uiteindelijk terecht in het veneus systeem thv de vena subclavia (gelegen aan sleutelbeen)

Lymfeknopen bevatten germinale zones, de plaats van lymfocyt-activatie

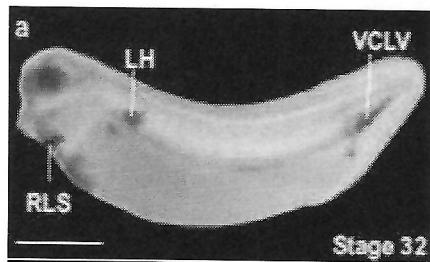


Kleppensysteem in de lymfevaten

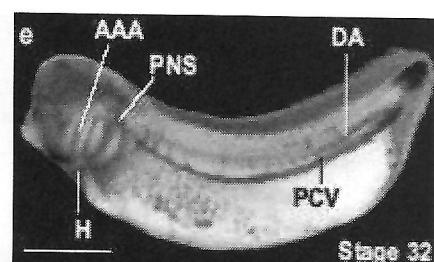
36

Het lymfatisch systeem

Lymfehart bij kikkervisje



Prox1
Lymfatische merker

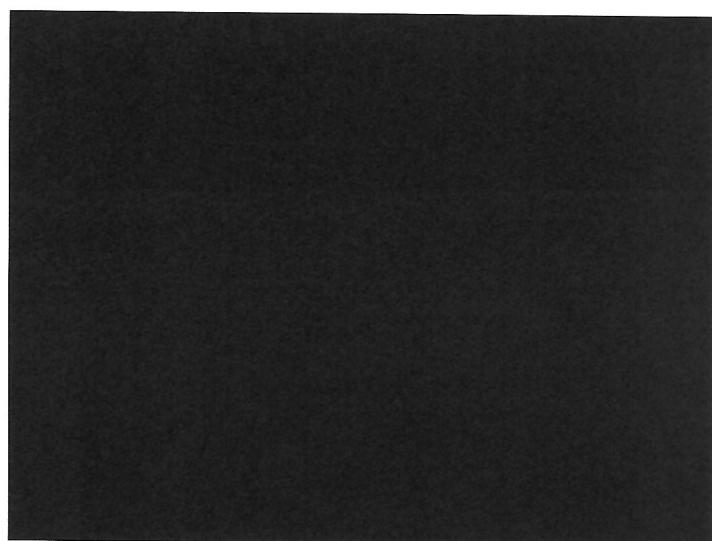


Msr
Bloedvatmerker

LH = lymfehart
H = hart

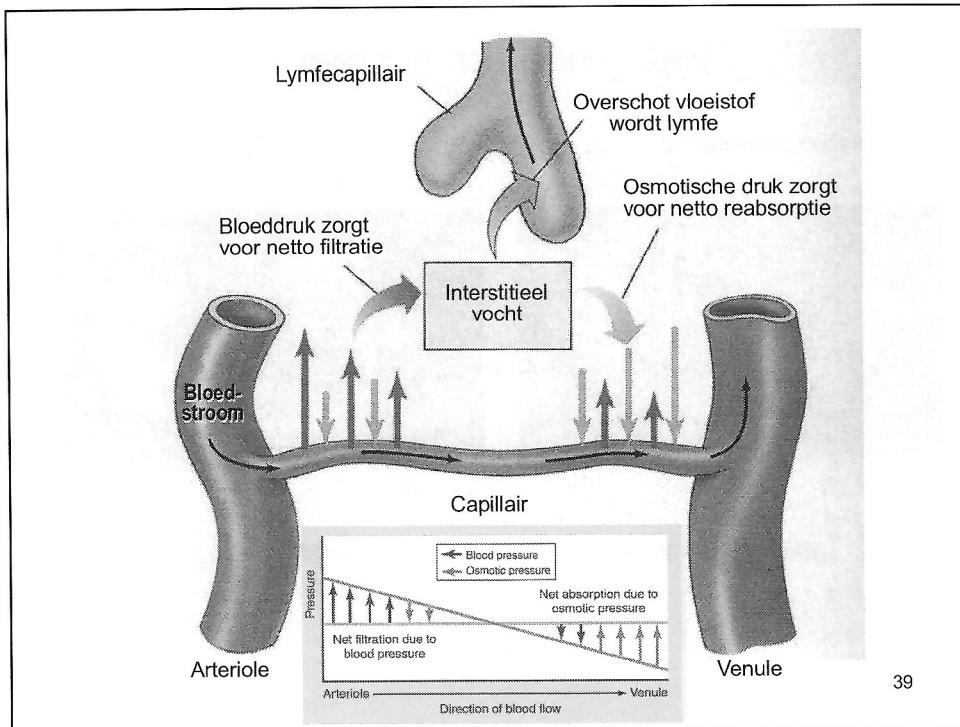
37

Het lymfatisch systeem



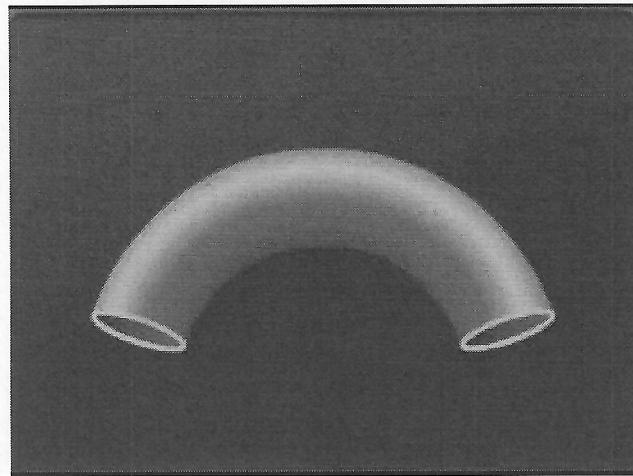
38

19



39

Vloeistofuitwisseling in de capillairen



40

CONTROLE VAN BLOEDSTROOM EN BLOEDDruk

De cardiale output of het minutenvolume is het bloedvolume dat per minuut uit de ventrikels wordt gepompt (ml/min)

- verhoogt bij uitoefenen van fysische arbeid of sporten omdat deze leiden tot:
 - een verhoogde hartfrequentie (aantal contracties per minuut (slagen/min))
 - een verhoogd slagvolume (hoeveelheid bloed per hartslag uit ventrikel gepompt (ml/slag))

Arteriële bloeddruk (BP) hangt af van de hart (cardiac) output (CO) en de resistentie (R) van de bloedstroom in het vasculair systeem

$$BP = CO \times R$$

41

Regulatie bloedstroom en bloeddruk

De bloeddruk wordt constant gehouden door neurale en hormonale controle-mechanismen (homeostase)

Neurale controle

Bloedstroom en bloeddruk worden geregeld door het autonoom zenuwstelsel

Het cardiaal centrum in de medulla oblongata moduleert hartritme en slagvolume

- cardio-accelerend centrum en een cardio-inhiberend centrum

- noradrenaline (NA), vrijgezet door sympathische neuronen, verhoogt hartritme en slagvolume
- acetylcholine (ACh), vrijgezet door parasympathische neuronen, verlaagt hartritme en slagvolume

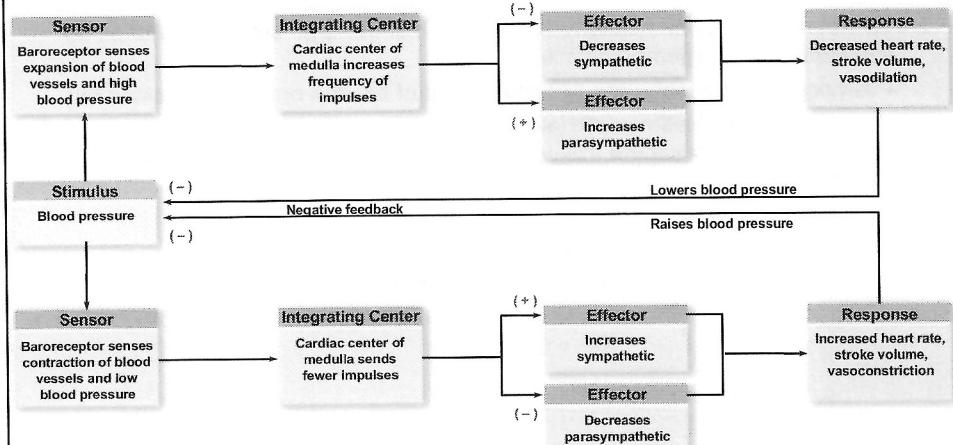
De baroreceptorreflex is een negatieve feedback loop die beantwoordt aan bloeddruk veranderingen

→ baroreceptoren detecteren veranderingen in arteriële bloeddruk

- zijn gelegen in aortalichaampjes of carotide lichaampjes t.h.v. aortaboog en arteria carotis
- als de bloeddruk daalt, zal het aantal impulsen naar het cardiaal centrum dalen, wat uiteindelijk zal leiden tot een verhoogde bloeddruk
- als de bloeddruk stijgt, zal het aantal impulsen naar het cardiaal centrum stijgen, wat uiteindelijk zal leiden tot een verlaagde bloeddruk

42

Regulatie bloedstroom en bloeddruk



43

Regulatie bloedstroom en bloeddruk

Hormonale controle

De bloeddruk stijgt evenredig met het bloedvolume, wordt vrij constant gehouden door 4 hormonen:

Antidiuretisch hormoon (ADH) of vasopressine

- aangemaakt in de hypothalamus bij verhoogde osmolariteit van het bloedplasma
→ wordt via axonen naar de posterieure hypofyse vervoerd die het vrijzet in de bloedbaan → zet de nier aan tot productie van geconcentreerde urine (minder urine)
- werkt ook in op osmoreceptoren in hersenen en regelt zo de dorstgevoel

Aldosterone

- nier voelt verminderde bloeddoorstroming → speciale niercellen secreteren renine → activeert angiotensine in het bloed → induceert vasoconstrictie van de bloedvaten en leidt tot aldosterone productie door de bijnierschors → aldosterone zet de nier aan tot Na⁺- en waterretentie (minder urine)

Atriaal natriuretisch hormoon

- aangemaakt door de atriale myocytes → verhoogt Na⁺- excretie thv de nier

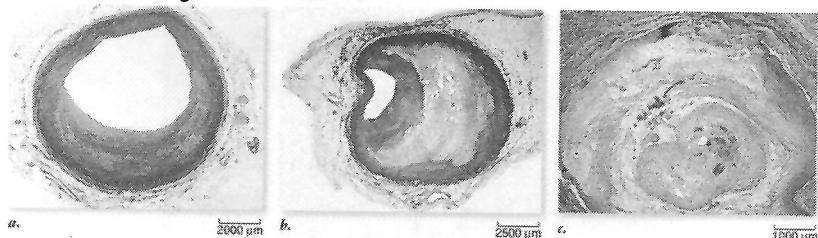
Nitric oxide (NO)

- aangemaakt in endotheelcellen → zorgt voor vasodilatatie van bloedvaten via gladde spiercelrelaxatie

CARDIOVASCULAIRE AANDOENINGEN

Atherosclerose

- Accumulatie van vetachtig materiaal binnen arteries
te wijten aan teveel cholesterol (HDL versus LDL)
- HDL elimineert cholesterol uit circulatie naar lever toe = goed
- LDL brengt cholesterol naar alle cellen
- indien cellen voldoende cholesterol → hoge LDL circulatiewaarden
→ afzetting in bloedvatwand



Arteriosclerose

- Arteriële verharding veroorzaakt door calciumafzetting

45

Cardiovasculaire aandoeningen

Hartaanval (myocardinfarct)

- hoofdoorzaak van cardiovasculaire dood door afsterven van myocardcellen
- onvoldoende voorziening van bloed naar het hart
 - bloedklonten of atherosclerose in coronaire arteries

Angina pectoris ("chest pain")

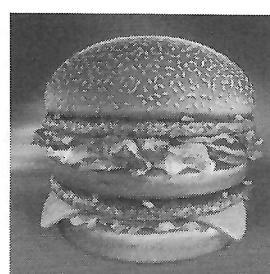
- gelijkaardig maar niet zo erg als hartaanval

Stroke (herseninfarct)

- onvoldoende voorziening van bloed naar hersenen
 - hemoraghische stroke (hersenbloeding)
 - ischemische stroke (beroerte) door bloedklonten of atherosclerose in arteries van hersenen

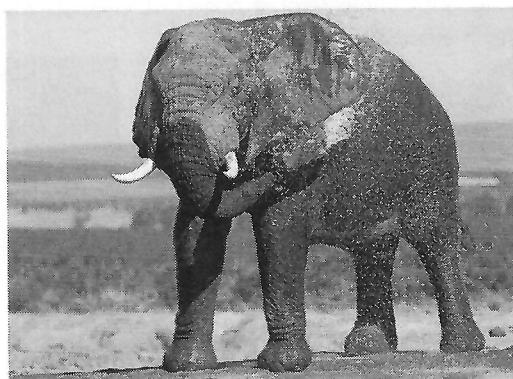


ROKEN
SLECHTE EETGEWOONTES
leiden tot atherosclerose !



OSMOREGULATIE EN HET EXCRETIESTELSEL

(hoofdstuk 49 in handboek)



© Ann & Steve Tozer/Inset/Henrik Wallin/World Images/Demis Images

Osmolariteit en osmotische balans

Zie ook 5.4 p100-103

- Om een osmotische balans te bewaren moet het extracellulair compartment van een dier water kunnen opnemen en afgeven aan het uitwendig milieu
- Ook anorganische ionen moeten uitgewisseld kunnen worden ter behoud van homeostase

Behoud van het volume en de ionensamenstelling van de lichaamsvochten
wordt geregeld door het excretiestelsel

➔ de nodige uitwisselingen gebeuren in gespecialiseerde epithelialcellen, bij de meeste vetebraten aanwezig in de nieren

Osmotische druk is het drukverschil dat tussen twee oplossingen van verschillende concentraties ontstaat ten gevolge van osmose

Osmotische waarde van een oplossing is de osmotische druk ten opzichte van een zuiver oplosmiddel

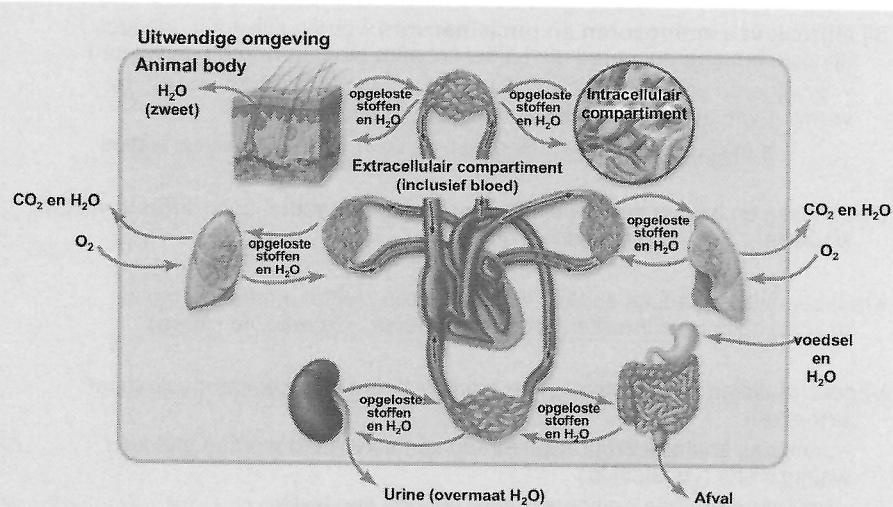
Osmolariteit is de totale hoeveelheid opgeloste stoffen (het aantal osmotisch actieve moles) in een vloeistof (mol/liter)

Toniciteit geeft de mogelijkheid van een oplossing aan om het volume van een cel te veranderen door osmose

Oplossingen zijn hypertoon, hypotoon, of isotoon

2

Osmolariteit en osmotische balans

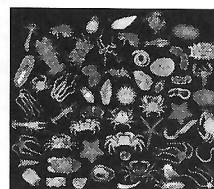


3

Osmolariteit en osmotische balans

Osmoconformers zijn organismen die in osmotisch evenwicht zijn met hun omgeving

- meeste mariene invertebraten, prikken en kraakbeenvissen
- haaien en roggen: isoton aan zeewater
maar lagere NaCl, hogere ureumconcentratie



Alle andere vertebraten zijn osmoregulatoren

- behouden een constante bloedosmolariteit ondanks verschillende concentraties in omgeving
- kunnen vele habitats bewonen

Zoetwatervertebraten zijn hypertoon t.o.v. hun omgeving

- hebben aanpassingen die het binnenkommen van water in hun lichaam voorkomen en actief transport van ionen in het lichaam toelaten

Mariene vertebraten zijn hypotoon t.o.v. hun omgeving

- zijn aangepast om water vast te houden → drinken zeewater en elimineren overtollige ionen via nieren en kieuwen

Landvertebraten hebben een hogere waterconcentratie dan lucht

- dreigen water te verliezen door evaporatie via huid of longen → ontwikkelden nieren om water te behouden

4

Stikstofhoudende afvalstoffen

Bij **afbraak van aminozuren en nucleïnezuren** worden stikstofhoudende afvalstoffen geproduceerd die uit het lichaam moeten worden verwijderd

- verwijderen van de amino (-NH₂) groep en zijn combinatie met H⁺ ter vorming van **ammoniak** (NH₃) in de lever (= deaminatie)
- is **toxisch** voor cellen en alleen veilig in verdunde concentraties

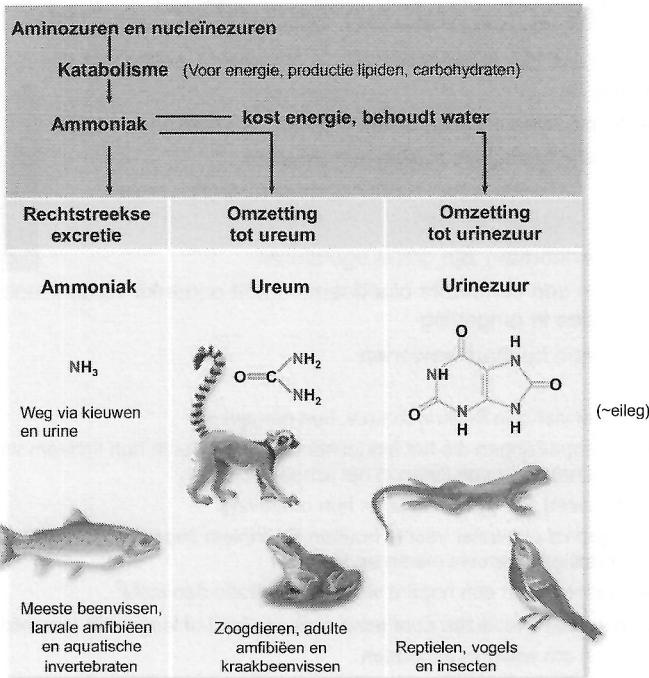
Beenvissen en larvale amfibieën elimineren ammoniak vooral door **diffusie** via de kieuwen (een weinig via verdunde urine)

Kraakbeenvissen, adulte amfibieën en zoogdieren zetten ammoniak om in **ureum**, oplosbaar in water (productie in lever, excretie via nieren)

Vogels, reptielen en insecten zetten ammoniak om in het wateronoplosbaar **urinezuur**

- urinezuur kristaliseert/precipiteert en kan verwijderd worden met zeer weinig water (vogelpasta)
- kost meer energie maar zorgt voor behoud van water
- ook belangrijk voor deze dieren omwille van embryonale ontwikkeling in geschaalde eieren → als vast precipitaat heeft urinezuur in ei geen schadelijk effect op ontwikkeling

5



6

Stikstofhoudende afvalstoffen

Zoogdieren kunnen ook urinezuur produceren vanuit **degradatie** van purines, niet vanuit aminozuren

- de meesten hebben een enzyme, uricase, dat urinezuur omzet in het meer oplosbare allantoïne
- mensen hebben dit enzyme niet
 - overtollige accumulatie van urinezuur in gewrichten veroorzaakt jicht

7

Osmoregulatie bij invertebraten

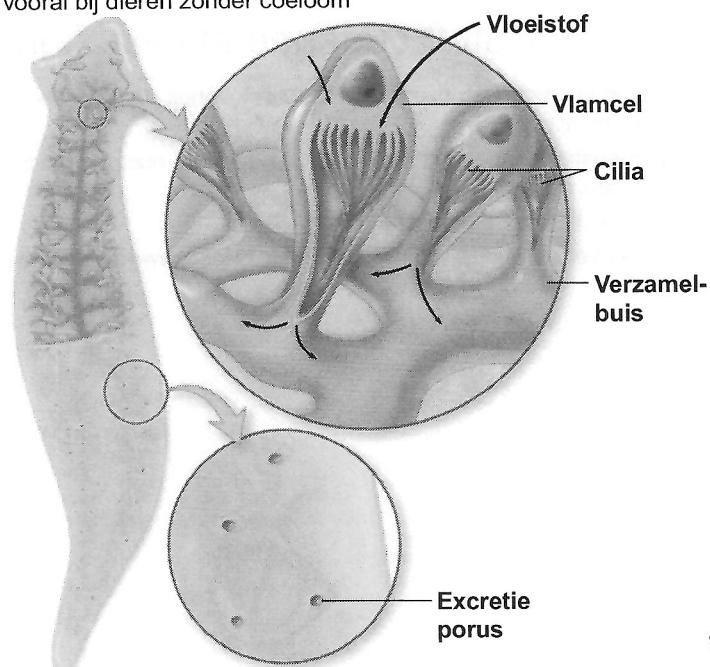
Bij vele dieren is het verwijderen van water gekoppeld aan het verwijderen van metabole afvalproducten via een excretiesysteem

Een waaier aan mechanismen is geëvolueerd om dit te bewerkstelligen:

- ✓ Protista en Sponzen: contractiele vacuolen
- ✓ Invertebraten: gespecialiseerde cellen & tubuli
 - Platwormen: protonefridia die vertakken in vlamcellen
 - openen naar de buitenkant van het lichaam, niet naar de binnenkant
 - Gelede wormen: nefridia
 - openen zowel inwendig als uitwendig in het lichaam
 - halen vloeistof uit lichaamsholte via **ffiltratie** in nefrostomen
 - filtratievocht is isotoon aan lichaamsvocht
 - NaCl wordt terug afgegeven aan lichaamsvocht via **actief transport**
= **reabsorptie**
 - urine is **hypotoon**
 - Crustacea hebben antenneklieren als excretieorganen
 - produceren urine ook via filtratie en reabsorptie

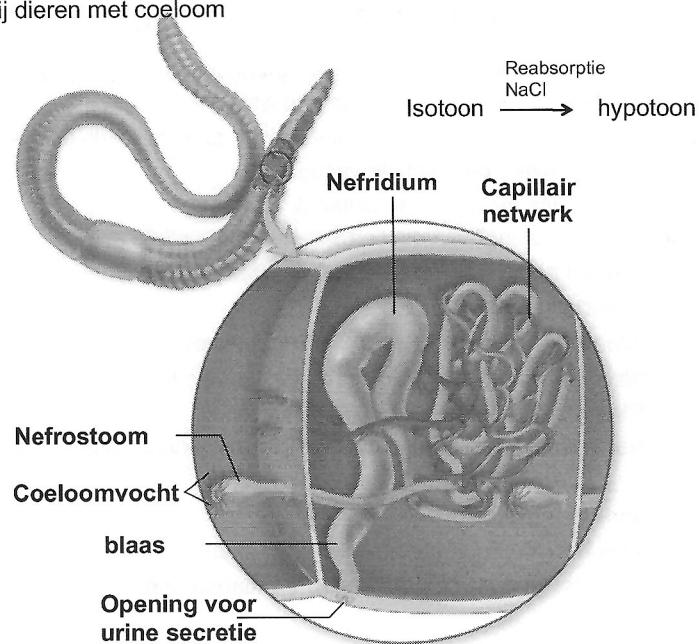
8

Protonephridia: vooral bij dieren zonder coeloom



9

Nephridia: bij dieren met coeloom

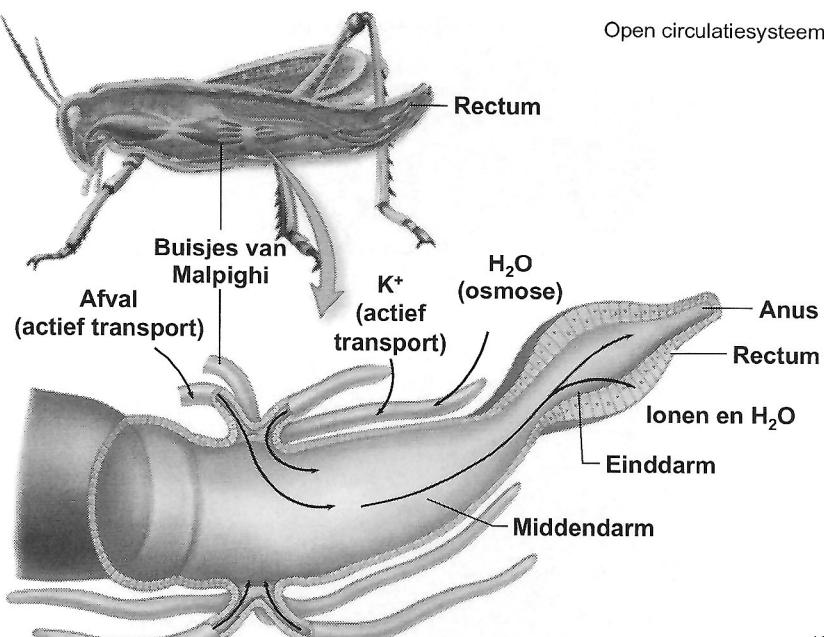


10

Osmoregulatie bij invertebraten

- Insecten: buisje van Malpighi
 - = vormen uitbreiding van het spijsverteringskanaal
 - urine wordt niet gevormd door filtratie (geen drukverschil)
 - afvalmoleculen en K^+ worden in de buisjes gesecreteerd via **actief** transport – water volgt
 - = **secretie**
 - er ontstaat een osmotische gradiënt die water in de buisjes trekt door osmose
 - grootste deel van water en K^+ wordt dan gereabsorbeerd in het open circulatiesysteem door het epitheel van de einddarm
 - efficiënt behoud van water !

11



12

Evolutie van de nier bij vertebraten

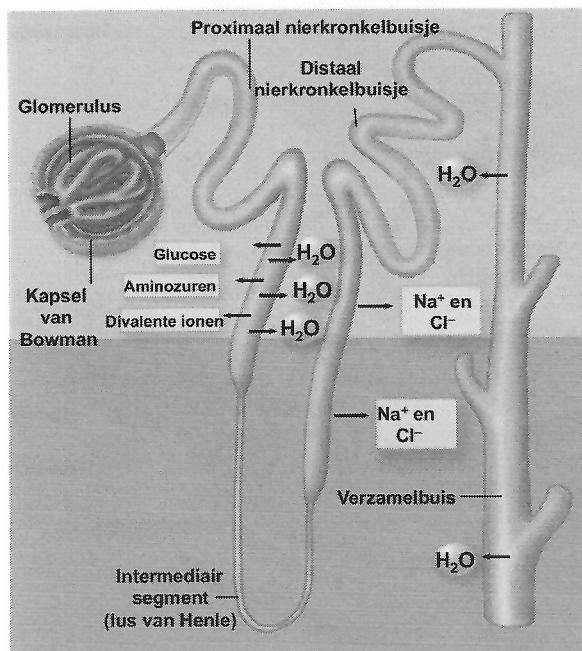
- De nieren van vertebraten bestaan uit duizenden identieke eenheden, nefronen
- genereren een tubulaire vloeistof door filtratie van het bloed onder hoge druk in de glomerulus
 - filtraat bevat water, kleine moleculen en afvalproducten
 - de meeste moleculen en water worden terug getransporteerd (**passief** en **actief**) naar bloed = **reabsorptie**
 - bijkomende afvalproducten kunnen aan het filtraat worden toegevoegd door **secretie** en worden verwijderd via urine

Omdat het filtraat **isotoon** is ten opzichte van bloed, kunnen vertebraten een isotone urine produceren door reabsorptie van een gelijke hoeveelheid ionen en water

Minder water **reabsorptie** leidt tot een **hypotone** (verdunde) urine

Meer water **reabsorptie** leidt tot een **hypertone** (geconcentreerde) urine (enkel mogelijk bij vogels en zoogdieren)

13



14

Evolutie van de nier bij vertebraten

Nieren zouden ontstaan zijn bij de zoetwaterbeenvissen

De lichaamsvochten van deze vissen zijn **hyperton** t.o.v. de omgeving

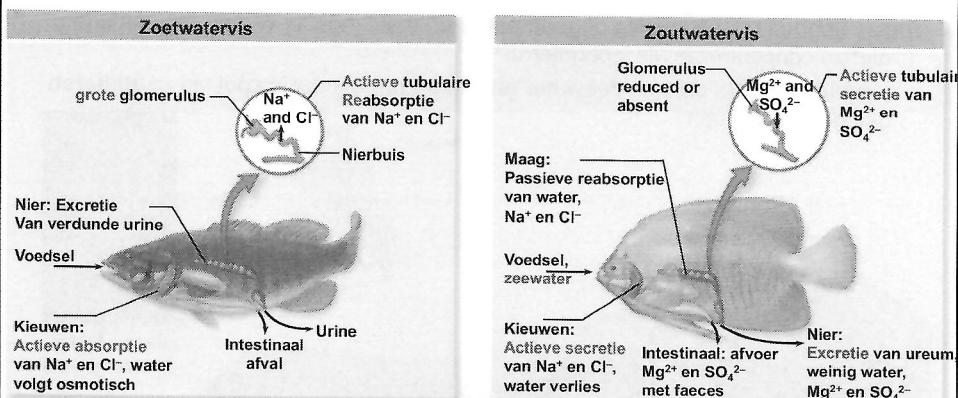
1. Water zal het lichaam binnenkomen
 - drinken geen water
 - excretie van grote hoeveelheden **verdunde** urine
2. Opgeloste stoffen hebben de neiging het lichaam te verlaten
 - hoge **reabsorptie** van ionen in nefronen
 - **actief** transport van ionen uit water t.h.v. kieuwen

Mariene beenvissen hebben lichaamsvochten die hypoton zijn t.o.v. zeewater

1. Water zal het lichaam verlaten via osmose langs de kieuwen
 - drinken grote hoeveelheden zeewater
2.
 - actief transport van monovalente ionen uit bloed via kieuwen
 - secretie van divalente ionen in nefronen, excretie via urine
 - produceren **isotone** urine (t.o.v. lichaamsvochten)
(- divalente ionen worden ook verwijderd via faeces)

15

Evolutie van de nier bij vertebraten



16

Evolutie van de nier bij vertebraten

Kraakbeenvissen, haaien en roggen, hebben zich anders aangepast aan leven in zeewater

- drinken geen zeewater of verwijderen geen grote hoeveelheden ionen uit hun lichaam
- reabsorberen vooral ureum vanuit de nefrontubuli en onderhouden een **ureumconcentratie in bloed die 100 maal hoger ligt dan bij zoogdieren**
- bloed is isotoon t.o.v. het omgevende zeewater

De nieren van **amfibieën** zijn identiek aan deze van zoetwatervissen

- produceren verdunde urine (hypotoon t.o.v. lichaamsvocht)
- bijkomend actief transport van Na^+ vanuit water via huid



(a)

De nieren van **reptielen** zijn divers:

- zoetwaterreptielen produceren verdunde urine
- mariene reptielen drinken zeewater en produceren een isotone urine
 - ➔ elimineren overtollig zout via **zoutklieren**
 - landreptielen reabsorberen veel zout en water in nefrontubuli
 - ➔ excreteren geen urine maar ledigen deze in de cloaca, waar water kan gereabsorbeerd worden
 - ➔ afvalstoffen worden met faeces verwijderd

17

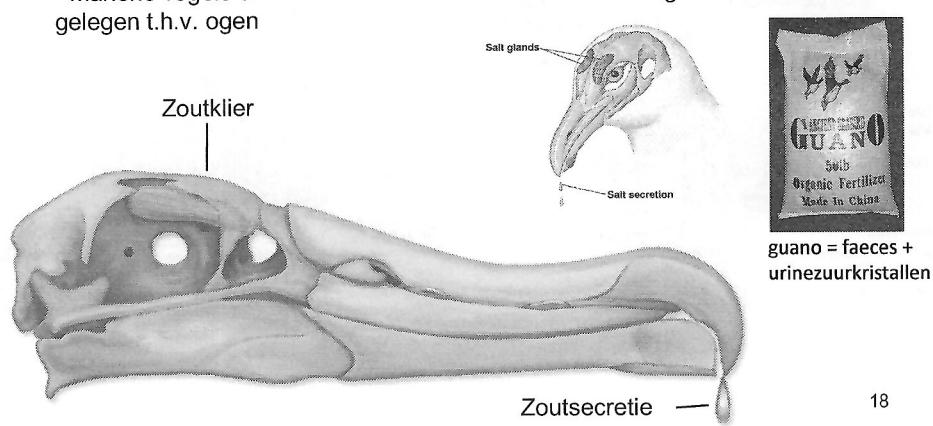
Evolutie van de nier bij vertebraten

Vogels en zoogdieren zijn de enigen die urine kunnen produceren die **hypertoon** is t.o.v. lichaamsvochten

- bewerkstelligd door de **lus van Henle**

Vogels hebben relatief weinig of geen nefronen met lange lussen en kunnen urine niet zo concentreren als zoogdieren

- mariene vogels drinken zeewater en excreteren overtollig zout via **zoutklieren** gelegen t.h.v. ogen

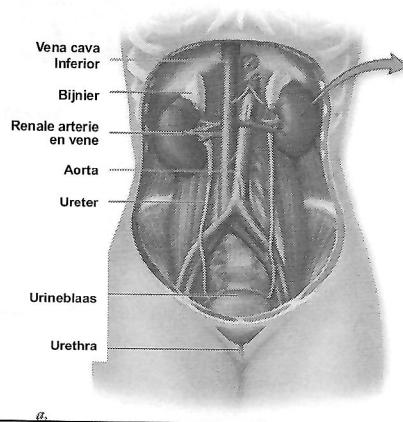


18

De nier bij zoogdieren

Bij de mens is:

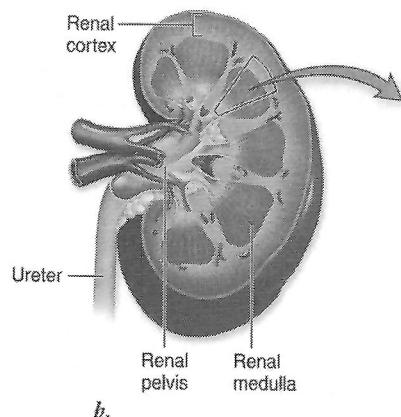
- de nier een vuist groot
- ontvangt elke nier bloed via een **renale arterie** en produceert urine
- urine wordt vanuit elke nier afgevoerd via de ureter naar de **urineblaas**
- de urineblaas wordt geleegd via de **urethra**



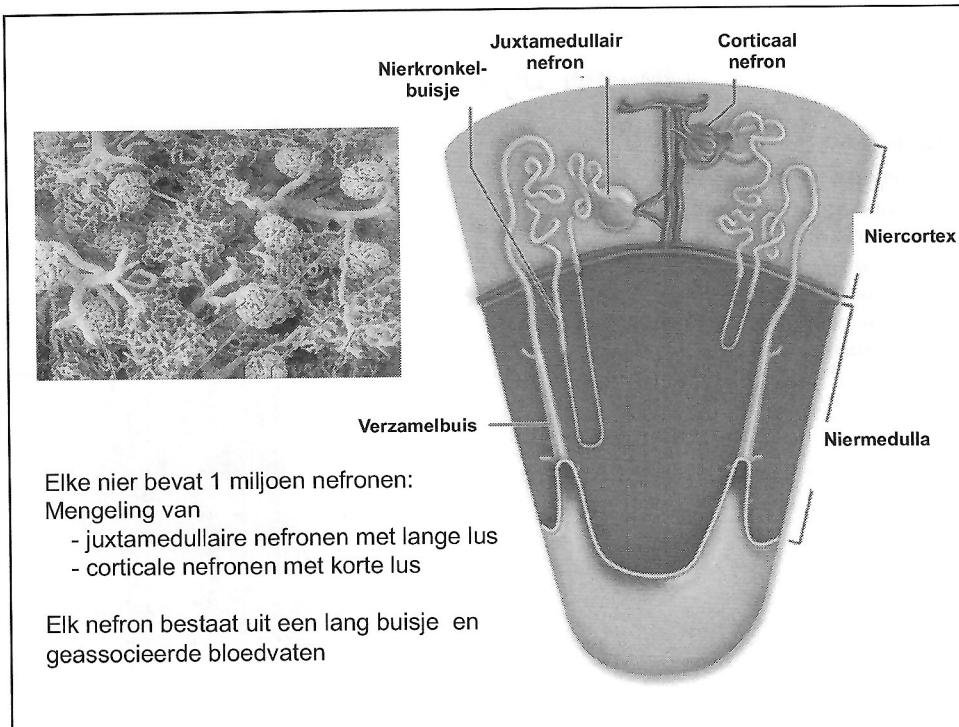
a.

Bij de mens:

- waaiert in de nier de ureter open in de renale pelvis
- ontvangt de pelvis de urine van het nierweefsel dat wordt opgedeeld in de buitenste renale cortex en de binnenste renale medulla



b.



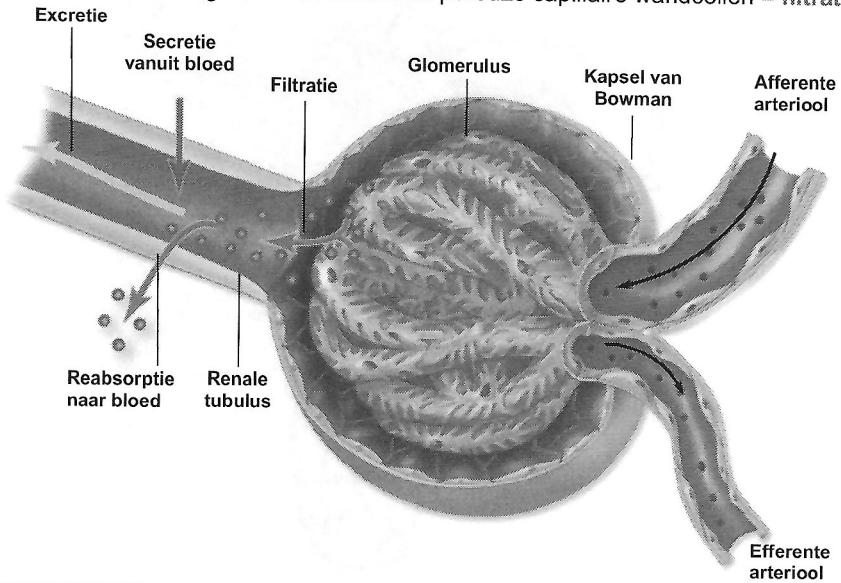
De nier bij zoogdieren

De nier heeft 3 basisfuncties:

- **Filtratie** = filtraat (vloeistof: water + opgeloste moleculen) wordt t.h.v. de glomerulus gefilterd vanuit het bloed naar het tubulair systeem (cellen en grote proteïnen blijven in bloed)
- **Reabsorptie** = selectieve beweging van opgeloste elementen (glucose, aminozuren, anorganische ionen) en water uit het filtraat terug naar het bloed via peritubulaire capillairens/vasa recta (via passieve en actieve processen)
➔ water reabsorptie ter controle van hoeveelheid waterverlies
- **Secretie** = beweging van bepaalde opgeloste stoffen van het bloed naar de extracellulaire vloeistof, en van daar naar het filtraat in het tubulair systeem
➔ belangrijk voor verwijderen van toxische stoffen

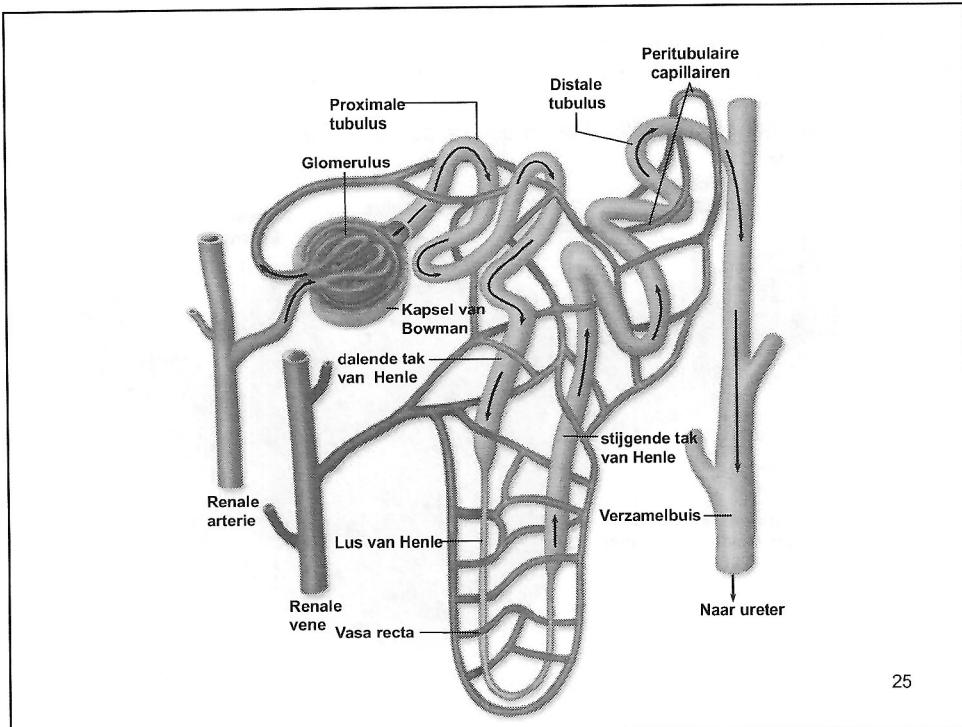
Daarna volgt **excretie** van urine met daarin de opgeloste stoffen die moeten verwijderd worden

Elk nefron bestaat uit een lange tubus en geassocieerde bloedvaten:
 Bloed komt toe via de afferente arteriole in een capillaire netwerk in de glomerulus, gelegen in de cortex
 Bloed wordt er onder druk gefilterd doorheen de poreuze capillaire wandcellen = **ffiltratie**



De nier bij zoogdieren

- bloedcomponenten die niet worden gefilterd (bloedcellen, plasmaproteïnen) draineren in een efferente arteriole, die zelf uitmondt in de peritubulaire capillairen rond de tubuli gelegen (die lopen over in de vasa recta bij juxtamedullaire nefronen)
- glomerulair filtraat komt terecht in het eerste deel van het nefron, het kapsel van Bowman - van daar in het proximale nierkronkelbuisje en in de lus van Henle
- na de lus van Henle komt de vloeistof in het distaal nierkronkelbuisje in de cortex - mondt uit in het verzamelbuisje – daarin versmelten ook andere distale kronkelbuisjes
- verzamelbuizen ledigen hun inhoud, de urine, in de renale pelvis



De nier bij zoogdieren

26

Reabsorptie en Secretie

Meeste water en opgeloste stoffen die terecht komen in het glomerulair filtraat moeten terug opgenomen worden in het bloed via **reabsorptie**

cfr mens: 2000L bloed passeert de nieren per dag, **180L** water komt per dag in glomerulair filtraat terecht

- water wordt gereabsorbeerd door de proximale nierkronkelbuis
- reabsorptie van glucose en aminozuren gebeurt door actief transport via kanalen en/of co-transporters aanwezig in de membranen van de epitheliale cellen die de niertubuli aflijnen en in de capillairen

cfr *diabetes mellitus*: glucose in de urine omwille van te hoge glucose concentratie in het bloed, transporters verzadigen

Secretie van afvalstoffen omvat transport over de membranen van de capillairen en de nierbuisjes naar het tubulair vocht (glomerulair filtraat) toe

cfr penicilline wordt onmiddellijk gesecreteerd, hoge dosis en meerder innames per dag nodig

27

Excretie

= eliminatie van potentieel schadelijke substanties die dieren eten of drinken

- urine bevat stikstofhoudende afvalstoffen, een overmaat K^+ , H^+ en andere ionen die worden verwijderd uit het bloed
- belangrijk zijn de gecontroleerde excretie van

H^+ ~ zuurtegraad bloed
water ~ bloedvolume en bloeddruk

De nieren vervullen een kritische rol in het behoud van de homeostase !

Nierfalen is dodelijk !

28

Transport in het nefron

Er is nood aan een mechanisme dat een osmotische gradient creëert tussen het glomerulair filtraat en het bloed om reabsorptie van water toe te laten

1. Transport in proximale nierkronkelbuis

- zowat alle nutriëntmoleculen in het filtraat en 2/3 van NaCl en water worden gereabsorbeerd door de proximale nierkronkelbuis
- **actief transport** van Na^+ uit de proximale tubulus naar de peritubulaire capillairen wordt gevolgd door **passieve** beweging van Cl^- (door elektrische aantrekking) en water (door **osmose**)
→ gebeurt proportioneel en dus blijft filtraat **isotoon** met bloedplasma

Noot: het grootste deel van het water zal gereabsorbeerd worden t.h.v. de verzamelbuis

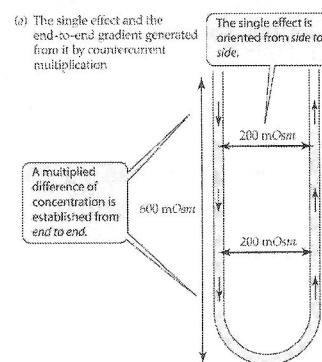
29

Transport in het nefron

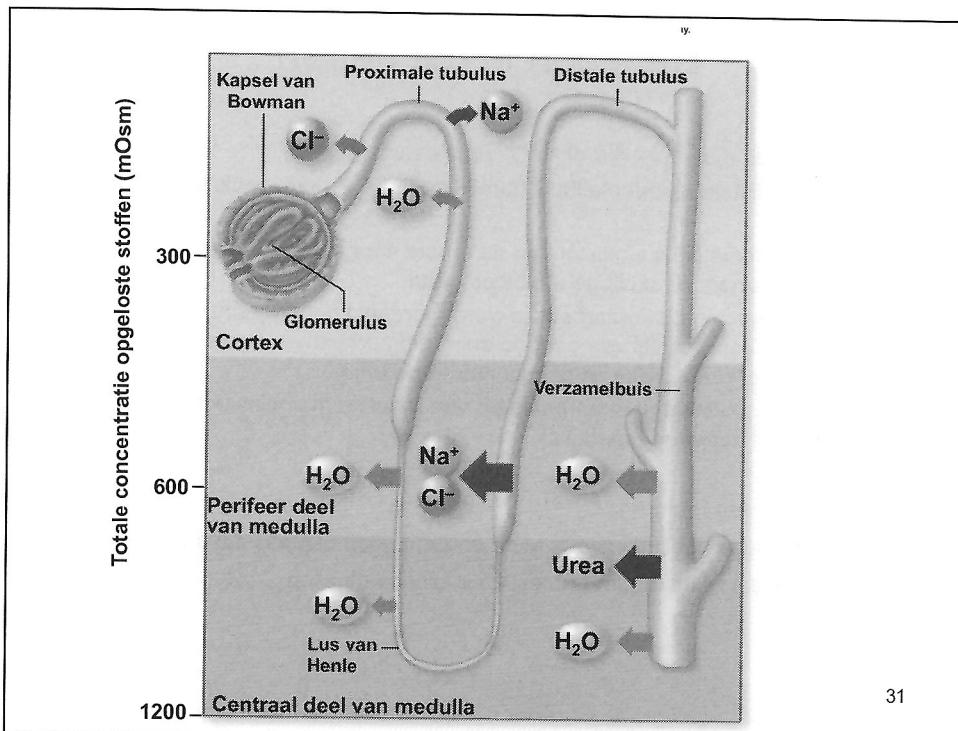
2. Transport t.h.v. de lus van Henle

De functie van de lus van Henle is het creëeren van een gradient van stijgende osmolariteit van de cortex naar de medulla:

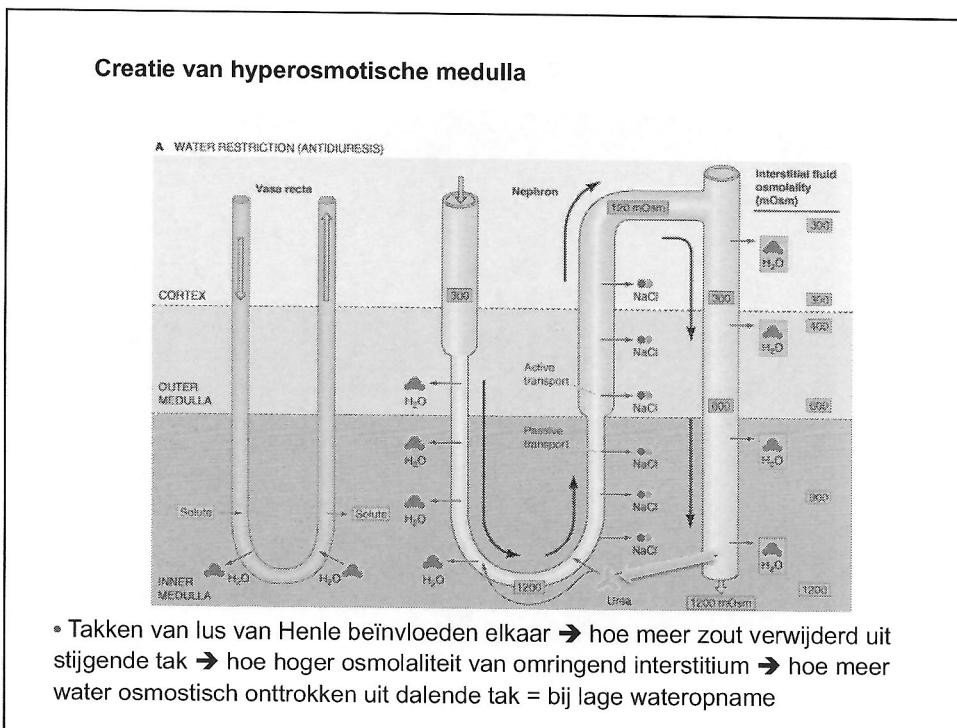
- de stijgende tak van de lus is impermeabel voor water
- actief transport van Na^+ (gevolgd door Cl^-) in het dikke deel van de stijgende tak creëert een osmotische gradient (ook geholpen door diffusie van NaCl over het dunne deel van stijgende tak van lus van Henle)
- laat reabsorptie toe van water uit de dalende tak (door osmose) en verzamelbuis
- hoe langer de lus hoe meer water kan gereabsorbeerd worden
- de twee takken van de lus vormen een 'countercurrent multiplier systeem', dat een hypertone renale medulla creëert
- NaCl wordt gereabsorbeerd in de capillairen van de vasa recta die ook een tegenstroomprincipe hanteren



30



31



Transport in het nefron

3. Transport in de distale nierkronkelbuis en verzamelbuis

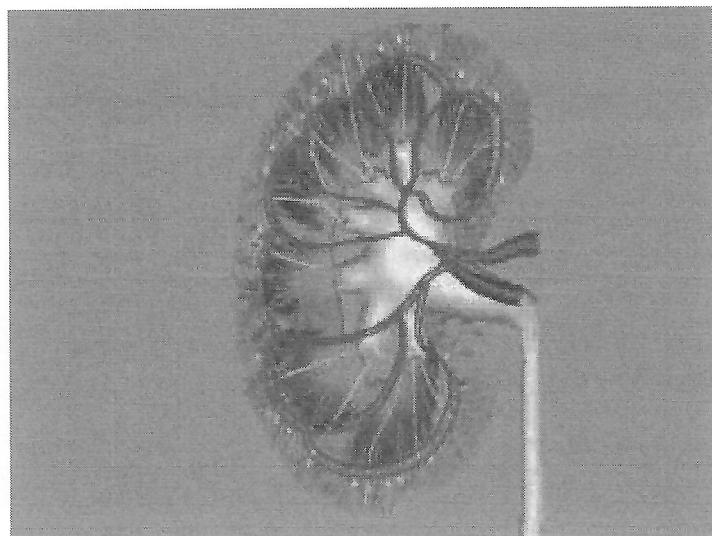
- filtraat dat de distale nierkronkelbuis bereikt en in de verzamelbuis terecht komt is hypoton
- de hypertone interstitiële vloeistof van de renale medulla trekt water uit de verzamelbuis naar de omliggende bloedvaten
- de permeabiliteit van de verzamelbuis wordt geregeld door het antidiuretisch hormoon (ADH) → **ADH** verhoogt de doorlaatbaarheid voor water = meer ADH → meer water reabsorptie → geconcentreerde urine
- ADH verhoogt ook de doorlaatbaarheid van de verzamelbuis voor ureum (draagt bij tot hypertone medulla)

4. Verloop van vasa recta

- tegenstroomuitwisseling in vasa recta onderhouden osmotische gradiënt → omgekeerde absorptie-processen in bloedvatlussen

33

Excretie



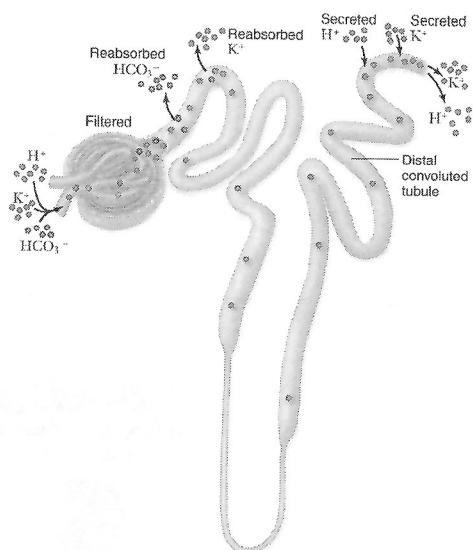
34

Transport in het nefron

De nieren regelen naast de water en Na^+ en Cl^- balans ook de elektrolytenbalans van K^+ , H^+ , en HCO_3^- in het bloed via reabsorptie en secretie.

De nieren houden het bloedvolume, de bloeddruk, de osmolariteit, de ionenconcentraties en pH in het bloed constant !

Dit gebeurt onder invloed van hormonen !



35

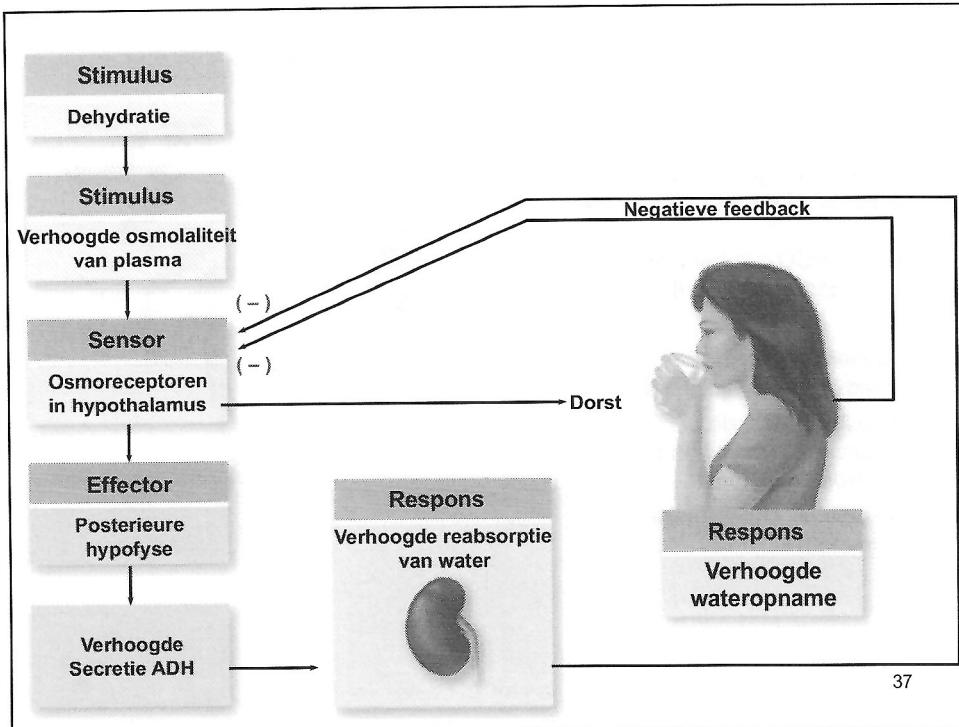
Hormonale controle van de osmoregulatie

Antidiuretisch hormone (ADH) wordt geproduceerd in de hypothalamus, vrijgezet en naar hypofyse gebracht en gesecreteerd in het bloed door de posterieure hypofyse

- vrijzetting gestimuleerd door stijgende osmolariteit van het bloed
- gemeten door osmoreceptoren in hypothalamus – integratiecentrum in hypothalamus – dorstgevoel + ADH vrijzetting
- veroorzaakt verhoogde permeabiliteit van de wand van de distale tubulus en verzamelbus voor water (insertie van aquaporine-2 kanalen – fusie vesikels)
- verhoogt reabsorptie van water

Diabetes insipidus: geen ADH door hypofyse beschadiging – constante excretie van verdunde urine – gevaar voor erge vorm van dehydratatie, erg lage bloeddruk

36



37

Hormonale controle van de osmoregulatie

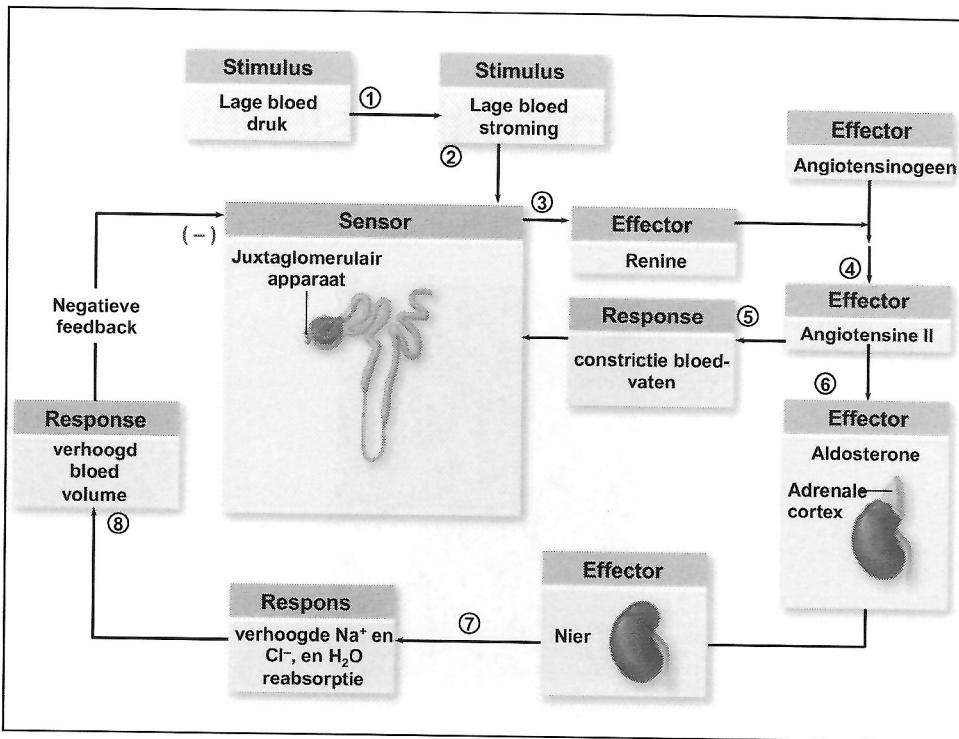
Aldosterone wordt gesecreteerd door de adrenale cortex :

- vrijgave gestimuleerd door lage $[Na^+]$ in het bloed
 - werkt in op distale tubulus en verzamelbus en verhoogt reabsorptie van Na^+
 - reabsorptie van Cl^- en water volgt
- zorgt voor $NaCl$ en waterretentie

Lage $[Na^+]$ in het bloed leidt tot verminderd bloedvolume en dus verminderde bloeddruk → activatie van het renine-angiotensine-aldosterone systeem

- wordt aangevoeld door cellen in het juxtaglomerulair apparaat (JGA) in de nieren (t.h.v. distaal nierkronkelbusje en afferente arteriool)
- JGA zet renine vrij → renine vormt angiotensinogen om in angiotensine I (AngI) dat wordt omgevormd tot angiotensine II (AngII) → AngII stimuleert bloedvatconstrictie en vrijzetting aldosterone → verhoogt naast $NaCl$ & H_2O reabsorptie ook K^+ secretie in distaal nierkronkelbusje en houdt dus K^+ concentratie in bloed constant

38



Hormonale controle van de osmoregulatie

Atrial natriuretic hormone works against the action of aldosterone (it promotes salt and water retention):

- secreted by muscle cells in the right atrium of the heart in response to increased blood volume (stretches the atrium)
- increases the excretion of NaCl and water in urine and thus reduces blood volume

Het voortplantingsstelsel

Hoofdstuk 52



Sexuele vs. asexuele reproductie

Sexuele reproductie (geslachtelijke voortplanting) :

- meest algemeen
- productie van haploïde **gameten** (spermatozoa en eicellen) via meiose in de gonaden
- haploïde** gameten versmelten via bevruchting om **diploïde zygote** te vormen
- diploïde zygote ontwikkelt via mitose tot nieuw multicellulair organisme