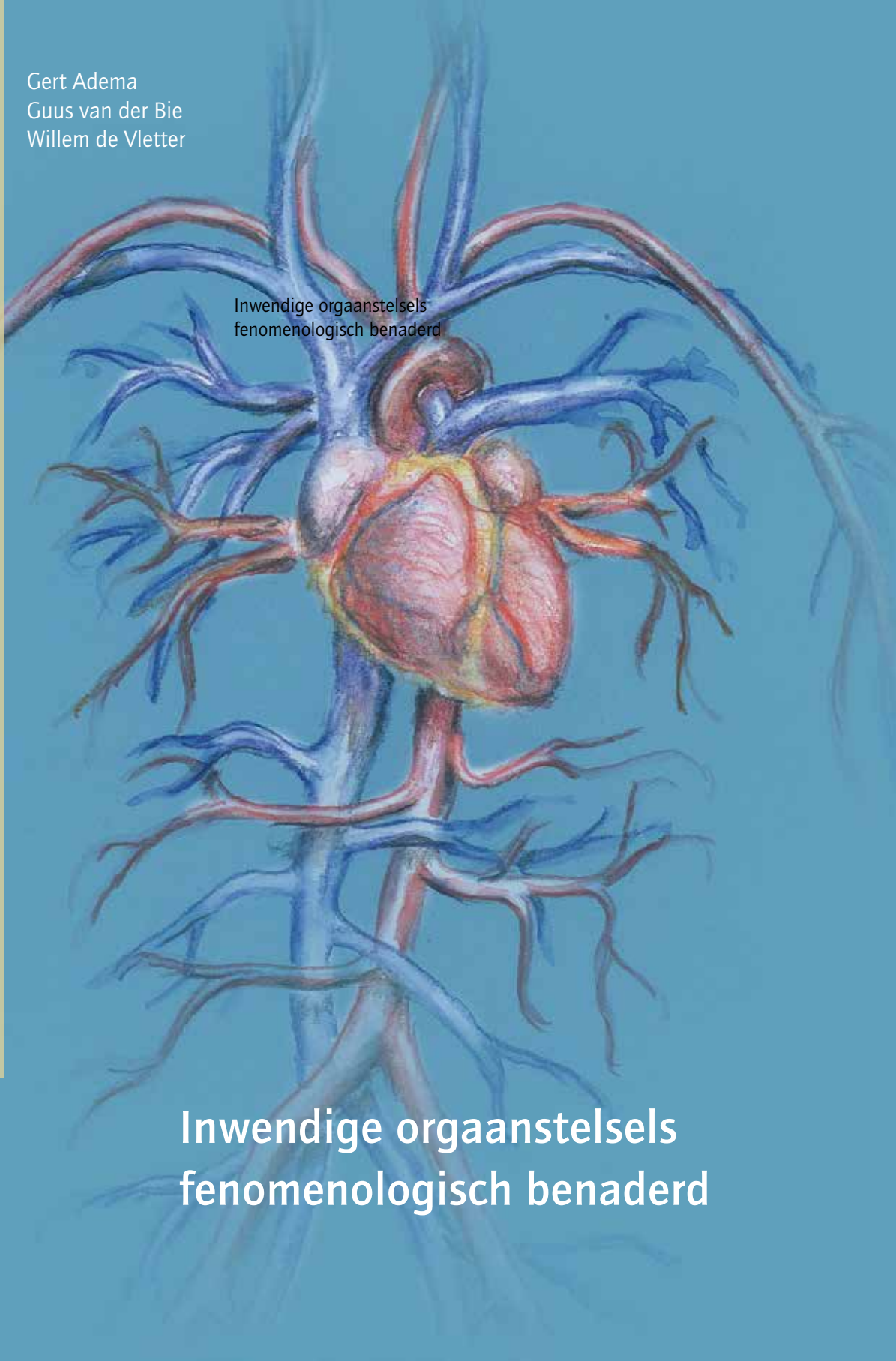


Gert Adema
Guus van der Bie
Willem de Vletter

Inwendige orgaanstelsels
fenomenologisch benaderd

Inwendige orgaanstelsels fenomenologisch benaderd



Gert Adema
Guus van der Bie
Willem de Vletter

Inwendige orgaanstelsels fenomenologisch benaderd

Fenomenologie naar de Schoolbanken

Fenomenologie naar de Schoolbanken

Mogelijk gemaakt door

Iona Stichting
Stichting Kingfisher Foundation
Stichting Phoenix
Stichting voor Rudolf Steiner Pedagogie
Triodos Foundation

Uitgave

©2016 Fenomenologie naar de Schoolbanken, Havelte

Contact

fenomenologie@parcivalcollege.nl

Vormgeving

Buro Klaas Huizenga

Drukwerk

Zalsman Groningen

ISBN

978-90-825051-0-8

Bestellen

fenomenologie@parcivalcollege.nl

PDF-versie

Stichting voor Rudolf Steiner Pedagogie
www.steunvrijeschool.nl/projecten/fenomenologie-naar-de-schoolbanken

Voorwoord

Biologen delen hun verwondering voor het leven. In hun studietijd maken zij kennis met de meest fantastische levensvormen. Zij dromen ervan om daar dieper in door te dringen. Op verschillende niveaus lukt dat ook. Moleculaire processen komen steeds meer in zicht. Datzelfde geldt voor evolutionaire processen. Echter, het leven zelf lijkt zich te onttrekken aan deze benaderingswijzen. De krachten die vormend hebben gewerkt bij de groei en ontwikkeling blijven onbereikbaar en onbegrepen. De fenomenologische benaderingswijze is er juist op gericht om verbinding te zoeken met de scheppende levenskrachten en deze zo beter te begrijpen.

Deze uitgave is geschreven voor leerkrachten, door leerkrachten, bijgestaan door een antroposofisch arts. Het is bedoeld om biologiedocenten te inspireren en te helpen de leerstof om te werken en te doorleven.

Wij bouwen voort op *Physiology, Organphysiology from a Phenomenological Point of View*, geschreven door Christina van Tellingen, in de serie *Bolk's Companions for the Study of Medicine*.

Havelte, 2016

Inhoud

1 Fenomenologie

- 8 Wat is fenomenologie?
- 9 Fenomenologie, antroposofie en de vrijeschool
- 9 Driegeleding van het menselijk lichaam

2 Het luchtwegstelsel

- 12 Driegeleding
- 13 Werking
- 14 Typering
- 15 Regulering en beweging
- 17 Embryonale en latere ontwikkeling
- 20 Evolutionaire ontwikkeling
- 20 Enkele bijzonderheden

3 Het darmstelsel

- 22 Het darmstelsel in het geheel van het lichaam
- 23 Driegeleding
- 25 Bouw en werking
- 28 Typering
- 29 Regulering
- 30 De lever
- 33 Embryonale ontwikkeling
- 34 Evolutionaire ontwikkeling
- 35 Enkele bijzonderheden

4 Het urogenitaal stelsel

36	De gemeenschappelijke ontwikkeling
39	Driegeleding
42	Vorm en ligging
43	Embryologie van de nieren
46	Evolutionaire ontwikkeling
46	Filtratie en resorptie in de nieren
46	Nieren als uit- én afscheidingsorgaan
47	Fijngedifferentieerde fysiologie van de nieren
51	Regulering
52	Dynamiek van het resorptieproces
54	Bloedvoorziening van de nieren
55	Typering
56	Enkele bijzonderheden

5 Het bloedvatstelsel

64	Een lichaamsomvattend stelsel
66	Driegeleding
67	Embryonale ontwikkeling
70	Stroming
75	Regulering
76	Evolutionaire ontwikkeling

De inwendige orgaanstelsels in schema

6 Longen, hart, lever en nieren als menstype

80	Werken met typologieën
81	Het longtype
81	Het levertype
82	Het niertype
82	Het harttype

Bronnen

Fenomenologie naar de Schoolbanken

Wat is fenomenologie?

Definitie

Fenomenologie is een methode waarmee je het wezenlijke in de dingen kunt ontmoeten door middel van het zorgvuldig en gedetailleerd waarnemen én vervolgens het denken over die waarneming.

Waarnemen

Bij het waarnemen spelen, naast de directe zintuiglijke waarneming, ook andere bronnen een rol, zoals de verandering van de verschijning in de loop van de tijd, de interactie met de omgeving, de embryonale en de evolutionaire ontwikkeling. Doordat je vanuit al die verschillende perspectieven steeds de ontmoeting gezocht hebt, ontstaat er een gevoel van vertrouwdheid.

Iemand vertelde hoe het hem was overkomen dat de berrimplant, die hij enkele weken had gevolgd, door een omgevallen plank was geknakt. Het deed hem fysiek pijn.

Denken

Nadat je eerst zorgvuldig hebt waargenomen, kun je even achterover gaan zitten, alle details loslaten en de vraag stellen: 'Welke levenskracht spreekt hier uit?' Dan blijkt dat zich karakteristieken kunnen openbaren. Ineens kun je iets herkennen. Het bijzondere is, dat als je het eenmaal gezien hebt, je moeilijk kunt begrijpen dat het je niet veel eerder was opgevallen. Je vergeet het nooit meer.

Heelheid

In de gangbare wetenschap doe je ook waarnemingen. Dit doe je meestal aan de hand van experimenten die een deel van de vraagstelling onderzoeken. Daarna wordt de conclusie getrokken. Bij de fenomenologische methode zoek je naar het wezenlijke achter de verschijningsvormen. Dat vraagt om een heel andere manier van waarnemen en van denken. Eén die uitgaat van heelheid.

Fenomenologie, antroposofie en de vrijeschool

Met de fenomenologische benaderingswijze wil je doordringen tot de essentie van een verschijnsel. Door onbevangen te kijken, te luisteren, te voelen, te ruiken en te proeven ervaar je de aard van een verschijnsel. Je laat als het ware het verschijnsel zelf tot je spreken.

De fenomenologie is, naast andere wetenschappelijke methoden, een belangrijke benaderingswijze in de antroposofische beweging, zo ook in het vrijeschoolonderwijs. In het vrijeschoolonderwijs gebruiken leerkrachten het bij de inrichting van hun lesprogramma's, de didactiek en de omgang met de individuele leerling. Een belangrijke doelstelling is daarbij dat leerlingen een fenomenologische blik ontwikkelen, waarmee zij de werkelijkheid beter leren waarnemen en dus meer zullen zien.

De benaderingswijze in dit boek baseert zich vooral op de Goetheanistische fenomenologie. Johann Wolfgang von Goethe (Duitsland, 1749-1832) vond dat je zintuiglijke indrukken voor 'waar' mag nemen. Rudolf Steiner (Oostenrijk, 1861-1925) verwerkte de Goetheanistische fenomenologie in zijn kennisleer, die de grondslag vormt voor de antroposofische beweging en de vrijeschool.

Driegeleding van het menselijk lichaam

Wetmatigheden

Wanneer je dieper door wilt dringen in de levenskrachten van het menselijk lichaam is het van belang de wetmatigheden te leren herkennen. In de bouw van het hele lichaam kun je die goed aflezen. De wetmatigheden die je hier ontmoet kun je op allerlei niveaus terugvinden. Bij de bestudering van de orgaanstelsels is dit een vruchtbaar referentiekader.

Aan het lichaam kun je drie, kwalitatief heel verschillende regionen onderscheiden: het zenuw-zintuiggebied, het ritmische gebied en het stofwisselings-ledematengebied. Deze regionen worden ook wel aangeduid met kop-, midden- en wilsgebied.

Zenuw-zintuiggebied

Het centrum van het zenuw-zintuiggebied vind je in het hoofd, het kopgebied. Kenmerkend voor deze regio is rust en afzondering van de buitenwereld. De vormen zijn gesloten, hard en symmetrisch en er is zo min mogelijk directe aanraking. Er zijn openingen die de heilheid van de wereld via aparte zintuigpoorten, gefragmenteerd binnen laten.

Hier ben je met wakker bewustzijn. Het hoofd kan alleen goed functioneren als je het koel houdt.

Ritmisch gebied

Het centrum van het ritmisch gebied vind je in de borst, het middengebied. Kenmerkend voor deze regio is het bewegen tussen polariteiten. Deze beweging toont zich in ritmische afwisseling en elasticiteit. Ritmische afwisseling zie je bijvoorbeeld bij de harde ribben en de daartussen actief bewegende spierlagen, bij het in- en uitademen en bij het samentrekken en ontspannen van het hart, het ritmisch middelpunt in de bloedsomloop.

Elasticiteit vind je onder andere in het kraakbeen, stevig én beweeglijk, dat in het middengebied veel voorkomt.

In het ritmisch gebied is het bewustzijn half slapend of dromend. Dat merk je aan de ademhaling en de hartslag die meestal geheel buiten het bewustzijn om plaatsvinden. Pas wanneer je lichamenlijk of emotioneel onder spanning staat, word je hiervan bewust.

Stofwisselings- ledematengebied

Het centrum van het stofwisselings-ledematengebied of het wilsgebied vind je in de buik en ledematen. Het verteringsstelsel en de spieren kunnen alleen in warmte goed gedijen. Daarnaast verbinden zij zich door middel van beweging intensief met de buitenwereld. Zo hebben de darmen een bijzonder nauw contact met het voedsel. In de buikholte treffen we asymmetrische vormen aan. Na de maag slingert het darmkanaal alle kanten op. Ook voor de ledematen geldt dat hun bestaan betekenis krijgt in de aanraking met de omgeving. Zij beïnvloeden de omgeving. Daarom kun je ze tot het wilsgebied rekenen.

Hier verkeert het bewustzijn in een slaaptoestand. Dat is heel duidelijk merkbaar aan de organen die hun werk geheel buiten het bewustzijn uitvoeren. Je weet dát je beweegt, maar je weet niet hoe. We beheersen een beweging, zoals lopen, schrijven, touwtjespringen, pas goed als we er niet meer over na hoeven denken.

Dat er in de ledematen toch een hogere bewustzijnsgraad is dan in de buikholte stemt overeen met de symmetrische bouw van de ledematen. Symmetrie is immers een kenmerk van het wakkere kopgebied. Wanneer je de organen bestudeert kom je deze principes regelmatig tegen.

Het derde gebied, het wilsgebied, is dus het gebied dat aangrijpt in de wereld. Bij de bestudering van de orgaanstelsels blijken in dit gebied, op allerlei niveaus, de belangrijkste scheppings- of levenskrachten werkzaam te zijn.

Lichaamsgebied	Karakteristieken	Bewustzijn
Zenuw-zintuiggebied, kopgebied	Gesloten, bol, hol, hard Afzondering Fragmentatie Waarneming, zintuigen, Symmetrie, rust Koel	Wakker
Ritmisch gebied, middengebied	Ritmisch afwisselend Ontmoeting tussen beide polen Elasticiteit Afstemming, verbinding	Droom
Stofwisselings-ledematen gebied, wilsgebied	In contact, aangrijping Stofwisseling Asymmetrie, beweging Warm	Slaap

Driegeleding

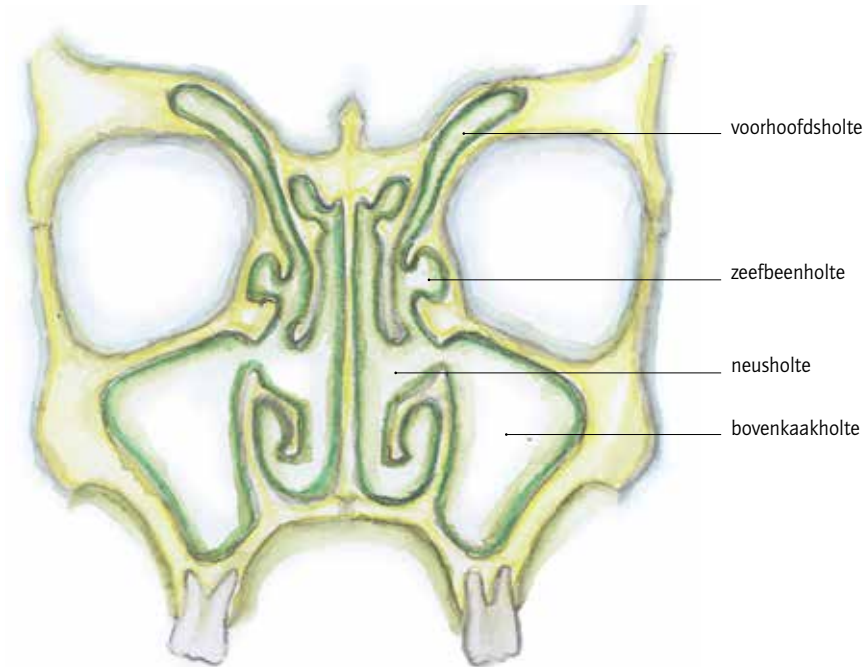
Van de vier orgaanstelsels liggen de luchtwegen het hoogst in het lichaam. Zij omvatten het hele gebied vanaf de vele holten in het hoofd tot aan de longblaasjes die tegen het middenrif liggen. De structuren bovenin het luchtwegstelsel worden beheerst door symmetrie. Naar beneden toe wordt daar enigszins van afgeweken. De linkerlong is namelijk iets kleiner. In het luchtwegstelsel kunnen drie gebieden worden onderscheiden.

Het kopgebied wordt gevormd door de vele holten in het hoofd. Hieronder vallen: neusholte, neusbijholten (vijf stuks!) en het middenoor. Zij worden omgeven door harde botstructuren. Zij vormen de 'schedel' van het luchtwegstelsel.

Het middengebied wordt gevormd door de ademhalingskanalen. Hieronder vallen luchtpijp, bronchiën en longblaasjes. Zij worden omgeven door elastische, ritmisch gebouwde buisvormige structuren. Zij vormen de verbinding tussen binnen en buiten.

Bij het wilsgebied moet je zoeken naar dat deel van het luchtwegstelsel dat contact maakt met de buitenwereld en de omgeving beïnvloedt. Dat vind je in het strottenhoofd en de mond als spraakorgaan. Spreken gebeurt op de uitademing.

In het kopgebied vind je holle harde ruimten, verbonden met zintuigen. Het middengebied bestaat uit buisvormige verbindingen en beweegt ritmisch. Het wilsgebied verbindt zich met de buitenwereld door middel van spraak.



Werking

Kopgebied

Zoals in afbeelding 2.1 goed te zien is, is er een aaneenschakeling van holten in het hoofd. De holten zijn sterk verbonden met de zintuigen: de middenoorholte met gehoor en evenwicht, de neusholte met de reuk.

De lucht in de bijholten heeft kleine verbindingen met de neusholte en beweegt zachtjes mee. Door de instroom van buitenlucht worden de holten en daarmee ook de hersenen gekoeld. Soms kun je bij een deelnemer aan een ingewikkeld (verhit!) gesprek zien dat het hem duizelt. Zo iemand kan het hoofd achterover gooien en diep door de neus inademen: even afkoelen, even alle drukte tot rust brengen.

Waarneming en rust

In de kinderjaren zijn de bijholten gevuld met vocht. Pas in de puberteit drogen deze holten op. Dat kun je zien: tot in de puberteit kunnen leerlingen nog met een waterige blik de wereld in kijken. Zo vanaf het vijftiende jaar zie je hoe zij je veel wakkerder en zelfbewuster aankijken. Zij zijn dan droog 'tussen' de oren.

Middengebied

In het buisvormige bronchiale stelsel stroomt de lucht ritmisch heen en weer. Van een buisvormige structuur in het lichaam kun je altijd zeggen dat deze een verbinding vormt tussen tegengestelde polen, in dit geval tussen binnen en buiten.

Hier vindt afstemming plaats tussen lucht en lichaam. De lucht neemt, bij inademing, de vochtigheid en warmte over van de bronchiën. Deze afstemming is een passief proces. Het komt simpelweg tot stand door blootstelling van de luchtstroom aan de slijmvliezen.

De bronchiën zijn bekleed met trilhaartjes. Dankzij de beweging van de lucht en de remmende werking van de trilhaartjes stranden de vaste deeltjes. Die worden door de trilhaarbeweging vervolgens naar de keel gevoerd en weggeslikt.

Bij de longblaasjes vindt uitwisseling plaats tussen lucht en bloed. Deze uitwisseling ontstaat door concentratieverschil (diffusie) en is dus ook passief.

Ontmoeting, afstemming, remming en uitwisseling

Wilsgebied

Zowel strottenhoofd als mond hebben een ongekend groot aantal spieren en spiertjes die het spreken mogelijk maken. Tijdens een actieve uitademstroom kun je hiermee de luchtstroom zo bewerken dat je kunt spreken. Hoewel het hierbij 'slechts' om luchtrillingen gaat, is de invloed hiervan in de vorm van taal enorm.

Beïnvloeding van de omgeving, realiseren

Typering

Uit het voorgaande blijkt dat in de bouw en werking van het luchtwegstelsel de wetmatigheden van de driegeleding te vinden zijn, net als in het hele lichaam. Maar waarin onderscheiden de luchtwegen zich nu als orgaanstelsel? Kun je kenmerken vinden die typisch zijn voor de luchtwegen?

Een in het oog springend kenmerk is passiviteit. De long zelf laat zich bewegen door omliggende spieren van de borstkas. Er vindt geen

actieve bewerking van de lucht plaats in de longen. Verwarming en bevochtiging ontstaan door blootstelling. De uitwisseling met het bloed gebeurt op grond van diffusie: passief transport. Een ander kenmerk is remming. Dat zie je bij de trilhaartjes die in de luchtstroom staan. Je ziet het ook bij de stembanden en de mond. De geluiden die je daarmee maakt ontstaan doordat de versterkte luchtstroom meer of minder dwingend wordt tegenhouden. Sissend, glijdend en botsend ontstaan de klinkers en medeklinkers. Een derde kenmerk is het stilleggen van de stroom van zintuigindrukken door de koelende werking van de lucht in de bijholten, waardoor wakkerheid en zelfbewustzijn mogelijk worden. Samenvattend kan dus gezegd worden dat de kwaliteit van de luchtwegen sterk samenhangt met remmen, vast-worden en met passiviteit. De luchtwegen als orgaanstelsel tonen zich daarmee sterk verbonden met het aarde-element.

Voor het element aarde geldt dat het als enige van de vier elementen door vastheid en stilstand gekenmerkt wordt. Het neigt steeds naar stilstand. Twee stenen die je vandaag op een stil plekje achter de schuur neerlegt, liggen daar over tien jaar nog, als geen uiterlijke oorzaak deze rust verstoort. Ook hun positie ten opzichte van elkaar is gelijk gebleven. Probeer dat eens met water, lucht of vuur. En wanneer de stenen onverhoopt toch een zetje hebben gekregen: altijd zullen zij weer afremmen en tot stilstand komen.

Regulering en beweging

Mensen kunnen hun ademhaling tot op zekere hoogte bewust reguleren, maar meestal gaat die automatisch. De aansturing hiervan, door middel van het autonoom zenuwstelsel, vindt plaats buiten het luchtwegstelsel zelf. Het ritme en de diepte van de ademhaling worden gereguleerd met het ademhalingscentrum in de hersenstam. Dit centrum regelt het basisritme. Bijsturing van dit basisritme gebeurt op basis van waarnemingen door verschillende sensoren in de aorta en hersenen die het koolstofdioxidegehalte en het zuurstofgehalte van het bloed registreren. Daar vandaan worden zenuwimpulsen naar de hersenstam geleid, waar het ademcentrum de frequentie en diepte van de ademhaling aanpast. De impulsen die vanuit het ademcentrum via neuronen naar de tussenribspieren en de middenrifspieren gaan, zorgen ervoor dat deze spiergroepen gecoördineerd samentrekken. Hierdoor ontstaat de inademing.

In- en uitademen

De twee fases van de ademhaling hebben elk hun eigen karakter. Het inademen van lucht is een actief proces door spierarbeid van het middenrif en/of van de tussenribspieren. Hierdoor vergroot de borstholte. Het longweefsel volgt passief de beweging van de borstkas en het middenrif. Fysisch-mechanische oorzaken buiten de longen (het groter worden van de borstholte) zorgen voor de beweging van de longen.

Het uitademen van lucht gebeurt door ontspanning van deze spiergroepen. Door de werking van de zwaartekracht zakken de ribben naar beneden en neemt de inhoud van de borstholte af (80%). Ook door het elastisch ineenkrimpen van de longen (recoil) en het terugveren van de organen neemt de inhoud af (20%).

De aansturing en beweging van de longen komen van buitenaf. De aansturing gebeurt door de hersenen en hun sensoren. De beweging komt ook van buitenaf tot stand door de spieren van de borstkas. De longen zelf zijn stuur- en krachteloos. In die zin zijn ze passief. Dat past bij het aardekarakter. Een steen laat zich door krachten van buitenaf bewegen. Vanuit zichzelf heeft het geen stuwende kracht. De luchtwegen bevinden zich in het lichaam op de grens van kop- en middengebied. In zijn passiviteit en symmetrie toont het luchtwegstelsel zich vooral als vertegenwoordiger van het kopgebied. Het stelsel daalt af waardoor het de kracht en het ritme van het middengebied krijgt. De longen zitten bovenin de borstholte nog net vast aan de romp. Daaronder hangen zij krachteloos waarbij de verbinding met de borstkas door de vloeistof tussen borst- en longvlies tot stand komt. Bij een klaplong wordt dat beeld heel duidelijk: de borstkas als kader is kwijt en het longweefsel hangt als een hulpeloze frommel in de borstholte.

Vergelijk dat met de ritmische buur van de longen: het hart. Dat ligt stevig onderin de borstkas, met zijn gespierde wand en zijn basisritme dat door het hart zelf (sinusknoop) gestuurd wordt. Daaruit spreekt veel meer autonomie. En hoewel het hart kleiner is dan de longen, neemt het zijn plaats overtuigend in, hecht verbonden met de rest van het lichaam.

Echter, dankzij de losse verbinding van de luchtwegen met het midden- en wilsgebied, is zelfbewust spreken mogelijk. Emoties die thuishoren in het borst- en buikgebied, kunnen weliswaar doorklinken in het spreken, maar een spreker kan zich met zijn taalgebruik daarvan bevrijden. Die emancipatie is alleen mogelijk doordat de verbinding met het stofwisselings-ledematengebied niet te hecht is. De verbinding van de longen met de onderbuik is als die van een schip met het water: schip en water zijn onafscheidelijk, het schip deint met de golven mee, maar stijgt er ook bovenuit.

Embryonale en latere ontwikkeling

Embryonale ontwikkeling van het kopgebied

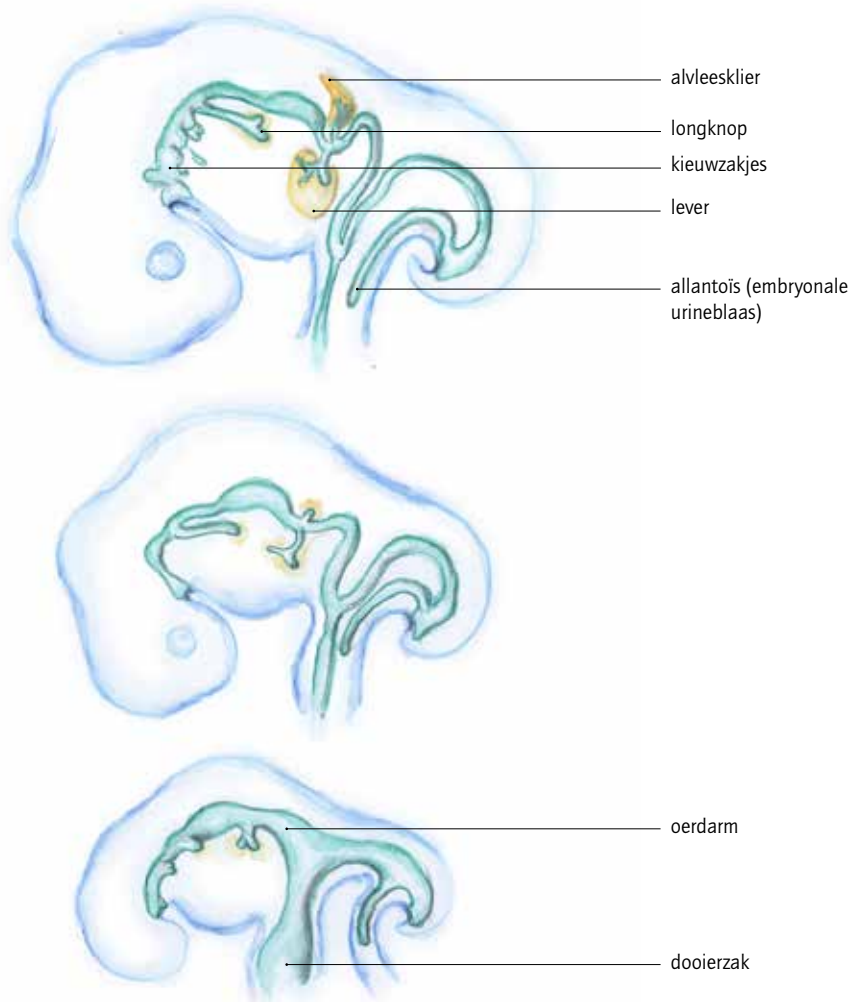
De neusholten en de bijholten hebben hun oorsprong in de oerdarm (voordarm) en groeien uit in het hoofd. Een pasgeboren baby heeft nog geen neusbijholten. Deze ontwikkelen zich gedurende de eerste levensjaren in de aangezichtsschedel vanuit de voordarm. De voorhoofdsholten worden als laatste, rond het zesde jaar gevormd.

Eerst ontstaan er holten die met vocht gevuld zijn. Later komt daarin lucht. Dit opdrogen van de holten gaat samen met het wakker worden van het opgroeiende kind. Pas na de puberteit zijn de holten volgroeid en bepalen ze in hoge mate het aanzien van het gezicht.

AFBEELDING 2.2

Ontwikkeling van de longen en andere organen uit de oerdarm

In de antroposofie wordt het opdrogen van de bijholten in verband gebracht met het 'vrijkomende' of incarnerende astraallichaam dat lucht achterlaat in de bijholten.



Embryonale ontwikkeling van het middengebied

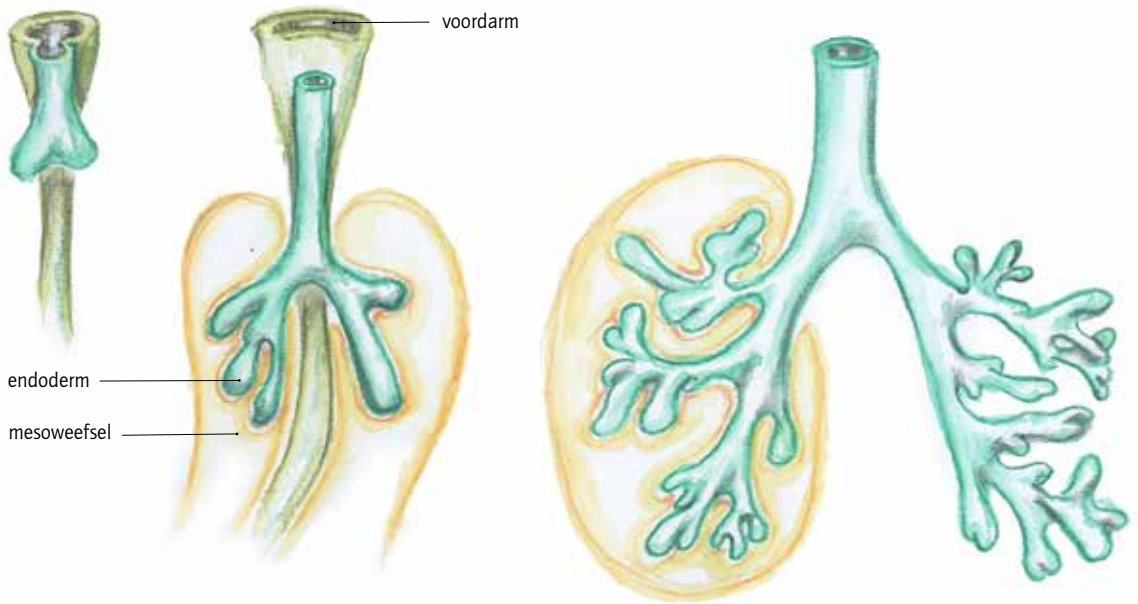
De longen, bronchiën en longblaasjes ontstaan, evenals de neus- en bijholten, door een uitstulping van de voordarm. Deze uitstulping, de longknop, vertakt telkens tweevoudig in 24 generaties. De knoppen zijn niet steeds gelijk. Zij ontstaan niet toevallig, maar volgen een duidelijk ordenend principe (Goldberger, 1985).

De ontwikkeling van de longen vindt plaats in de eerste veertien jaar door verder door te vertakken en uit te groeien. Het is moeilijk voor te stellen hoe het mogelijk is dat de longen in de eerste levensjaren doorvertakken en tegelijkertijd functionerende longblaasjes hebben: tijdens de verbouwing gaat de verkoop door. Bij volwassenen is het longoppervlak ongeveer 100m². Bij een pasgeborene is dat 2,8m². Pas na de puberteit is de long volgroeid. De tweeheid die je bij de longen en hun ontwikkeling tegenkomt kan begrepen worden, in samenhang met het gegeven dat je met het bewustzijn enige invloed hebt op en notie hebt van de ademhaling. Symmetrie is karakteristiek voor het kopgebied. Aan afbeelding 2.3 is goed te zien hoe het ontwikkelende endodermale longweefsel (groen), omgroeid wordt door bloedvatvormend mesoweefsel (geel).

Longknoppen en bloedvaten zijn dus afkomstig uit twee heel verschillende embryonale bladen: de longknoppen uit het endoderm (de oerdarm) en de bloedvaten uit het meso. Dit meso zal zich onder andere ontwikkelen tot het capillaire bed: het haarvatweb rond de longblaasjes.

Ook het kraakbeen rond de bronchiën evenals de spiertjes om de arteriolen en bronchiolen ontwikkelen zich uit het meso. Het is een wonder dat deze twee verschillende stromen elkaar moeiteloos vinden en in elkaar groeien tot een functioneel samenhangend weefsel van een samenhangend organisme!

De kubusvormige cellen in het weefsel van de longblaasjes worden vanaf de laatste twee maanden van de zwangerschap en tijdens de eerste levensjaren steeds platter, waarbij de lucht-bloedbarrière steeds kleiner wordt. Deze cellen vormen ten slotte een membraan van 1-2 μm dik ($\mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$). Het uiteindelijke resultaat is de lichtste structuur die het lichaam kent.



AFBEELDING 2.3

De longknop (endoderm) vertakt in het longvlies (mesenchym)

Embryonale ontwikkeling van het wilsgebied

Meso, endo- en ectoderm

Het strottenhoofd ontstaat op de plaats, waar de eerste longknop zich ontwikkelt uit de voordarm. Zowel mond als strottenhoofd ronden hun groei af in de puberteit. De zachte kindermund krijgt dan een zelfbewuste uitdrukking. Ook het strottenhoofd groeit, vooral bij de jongens, in de puberteit nog krachtig uit.

Zowel de longen als de bijholten in het hoofd, ontstaan door uitgroei van de voordarm. In het ene geval groeit het naar beneden (de longen), in het andere geval naar boven (de holten).

Bij het naar beneden groeien ontwikkelen zich de oerknoppen van de toekomstige longen, zij ontmoeten vooral mesoweefsel op hun weg. Dit zorgt voor een maximale doorbloeding van het zeer sterk vertakte longweefsel. Dit longweefsel ondersteunt de vitaliteit van het lichaam.

Bij het naar boven groeien ontmoeten de zich ontwikkelende holten in het hoofd vooral het vormgevende ectoderm (zenuwweefsel). Uit deze ontmoeting ontstaan de zintuigholten van reuk-, gehoor- en evenwichtsorgaan. Deze holten staan in dienst van de wakkerheid van de ziel.

De exameneisen kun je beschouwen als het ectoderm van onze lessen: hard, logisch, vormend. Om de lessen te laten leven heb je de doorbloedende mesokwaliteit en de omwerkende endodermkwaliteit nodig. Die kun je ontwikkelen door je blik fenomenologisch te scholen.

Evolutionaire ontwikkeling

Kwastvinnigen, een primitieve klasse van vissen, zijn de eerste organismen die hun achtervinnen gebruiken om zich voort te bewegen. Ondanks de grote diversiteit binnen deze klasse hebben zij nóg een kenmerk met elkaar gemeen: ze hebben alle één of twee longen. Het zijn de voorouders van de longvissen. Hieruit evolueerden mogelijk de eerste vierpotigen die zich op het land waagden, de amfibieën.

Het is interessant dat de eigenschappen 'voortbewegen met behulp van vier ledematen' en 'ademhalen met behulp van longen' ongeveer gelijktijdig in de evolutie ontstaan zijn. De eerste landdieren ontwikkelden longen én ledematen.

Bij de mens zie je dat de ontwikkeling van de luchtwegen en die van de ledematen nauw met elkaar samenhangen. Zij sluiten hun ontwikkeling gelijktijdig, na de puberteit, af. Het rechtop lopen van de mens maakt de in- en uitademing vrij van de voortbeweging, waardoor de spraak kan ontstaan.

Enkele bijzonderheden

Menselijke stem

Met de menselijke stem kun je jezelf uitspreken. Het is bij uitstek het middel waarmee je uitdrukking geeft aan het menselijk bestaan. Spreken scheidt verbinding.

De stembanden geven een heel specifieke weerstand in de luchtstroom van de luchtpijp. Doordat de stembanden zo fijnmazig gespierd zijn, kun je een breed scala van strijklanken laten ontstaan. De spieren van de ademhaling, middenrif- en tussenribspieren, geven de luchtstroom daarvoor de druk, passend bij de intentie en de gevoelens. Het hele lichaam doet mee met het spreken: keelholte, kaken, tong, wangen, nek, borst, buik en ledematen.

Het luchtwegstelsel wordt bij het spreken en zingen een geheel. De lucht, afkomstig uit de longblaasjes strijkt langs het strottenhoofd waar het klank krijgt, terwijl de holtten van het hoofd mee-resoneren en daarmee de stem kleur geven. De mond geeft vooral vorm aan de medeklinkers.

Het strottenhoofd is het centrum van de zeer intensieve ontmoeting tussen de boven- en onderpool van de mens, tussen het bewustzijn en het complete bewegingsapparaat.

Bloedvoorziening van de longen

De bloedvoorziening is tweeledig: één om het longweefsel te regenereren, het bronchiale systeem, en één om het bloed te regenereren, het pulmonale systeem.

Het bronchiale bloedvatsysteem voorziet de bronchiale structuren van bloed evenals de grotere (slag)aderwanden. Ook verwarmt het de inkomende koele lucht.

Het pulmonale bloedvatsysteem verspreidt zich over het gehele longblaasjes-oppervlak. De weerstand in dit pulmonale systeem daalt enorm na de geboorte en bereikt een waarde van rond de tien procent van de grote bloedsomloop. Ook de wanddikte van deze bloedvaatjes neemt af. Het netwerk lijkt op een dunne film bloed die is uitgespreid over het oppervlak van de longblaasjes. Net dik genoeg om de rode bloedcellen erlangs te laten. De grote haarvaten leiden tot lage weerstand en lage druk.

Luchtwegen in spreekwoorden en gezegden

Iets door je strot geduwd krijgen
Je ergens in verslikken
De adem stopt je in de keel
Je hebt het Spaans benauwd
Je leest een boek in één adem uit
Je voelt de hete adem in je nek
Je vindt iets adembenemend
Je krijgt ergens lucht van
Je luistert ademloos
Je bent opgelucht

Opvallend is dat deze spreekwoorden met emotie te maken hebben, niet zozeer met een warme, doorleefde, rijke emotie, eerder met een op de spits gedreven spanning of een daarop volgende ontspanning.

Het darmstelsel in het geheel van het lichaam

De darmen zijn de ondernemers van het lichaam. Zij verbinden zich met het voedsel, met de materiële buitenwereld dus. Die verbinding vindt plaats met haast onvoorwaardelijke overgave.

Het darmstelsel bevindt zich hoofdzakelijk in de buikholte, die behoort tot de onderste regio van het lichaam. Het is het warmste en zachtste deel van het lichaam. Het darmstelsel bestaat uit mond, slokdarm, maag, darmen, wormvormig aanhangsel (appendix) en aangesloten organen, zoals speekselklieren, tonsillen, lever en alveesklier. De mond en de slokdarm kun je zien als vooruitgeschoven posten in het kop- en middengebied van het lichaam.

De organen van het darmstelsel zijn zeer sterk doorbloed en herbergen grote bloedreserves. Daarnaast spelen verschillende verteringszappen een grote rol: speeksel, maagsap, darmsappen, alveeskliersap en gal, samen zeven à acht liter per dag. Karakteristiek voor de darmen is direct fysiek contact met de substantie en een voortdurende langzame beweging, soms meer, soms minder, maar altijd door.

De processen in het darmstelsel spelen zich vrijwel geheel af in het onbewuste. De enige bewuste invloed die je hebt, is dat je tot op zekere hoogte in staat bent te bepalen wat je de darmen te eten geeft. De organen liggen asymmetrisch in de buikholte. Asymmetrie past bij een lage bewustzijnsgraad. Na een stevige maaltijd heeft deze tendens van 'laag bewustzijn' de neiging om zich uit te breiden naar de rest van het lichaam. Je wordt slaperig.

De meest in het oog springende kwaliteit van het darmstelsel is: afbreken. Organische weefsels en stoffen worden zodanig bewerkt dat zij worden ontdaan van hun eigenheid, van hun levenskwaliteiten. Het voedsel wordt teruggevoerd tot een oplosbare minerale staat. Dit gebeurt met behulp van tanden en kiezen, spieren, enzymen en bacteriën. Pas nadat dit volledig is volbracht, kunnen de voedingsstoffen opgenomen worden in het bloed en daarmee ingevoerd in de sfeer van het levende van de mens. In deze overgang van minerale staat naar het levende, speelt de lever een belangrijke rol.

Naast dit vermogen om stoffen in te voegen in de levenssfeer, hebben de darmen op nog een andere manier een bijzondere verbinding met levenskrachten: het tere darmslijmvlies sterft razendsnel af en regeneert in datzelfde tempo. De levensduur van een darmcel varieert van een uur tot enkele weken. Herstel daarvan is alleen mogelijk als er een overvloed aan levenskracht aanwezig is.

Het darmstelsel houdt zich intensief bezig met de afbraak van lichaamsvreemde stoffen tot een opneembare, opgeloste vorm. Dit gebeurt door middel van rechtstreeks dynamisch contact in een warme, vloeibare, asymmetrisch gebouwde omgeving: de buikholte. Hier bevinden zich grote bloedreserves. Er is een overvloed aan levenskracht en een lage bewustzijnsgraad: diepe slaap.

Driegeleding

Kopgebied: de voordarm

Het centrum van het kopgebied is gemakkelijk te vinden: de maag met zijn bolle vorm en min of meer liggend in de symmetrie-as van de buikholte. De mond mag je beschouwen als een afgezant van de maag, twee verdiepingen hogerop. Maag en mond vormen hiermee een twee-eenheid. Bij de mond zijn de ruimtelijke kopkenmerken heel duidelijk: bol/hol, symmetrisch en hard.

Het kopgebied van het darmstelsel reikt naar beneden tot en met de twaalfvingerige darm. De alveesklier en de lever met de galblaas kun je beschouwen als hierbij aanhangende organen. In de paragraaf 'Bouw en werking van de darmen' wordt duidelijk op welke manier de aanhangende organen in dit gebied thuishoren.

Middengebied: de middendarm

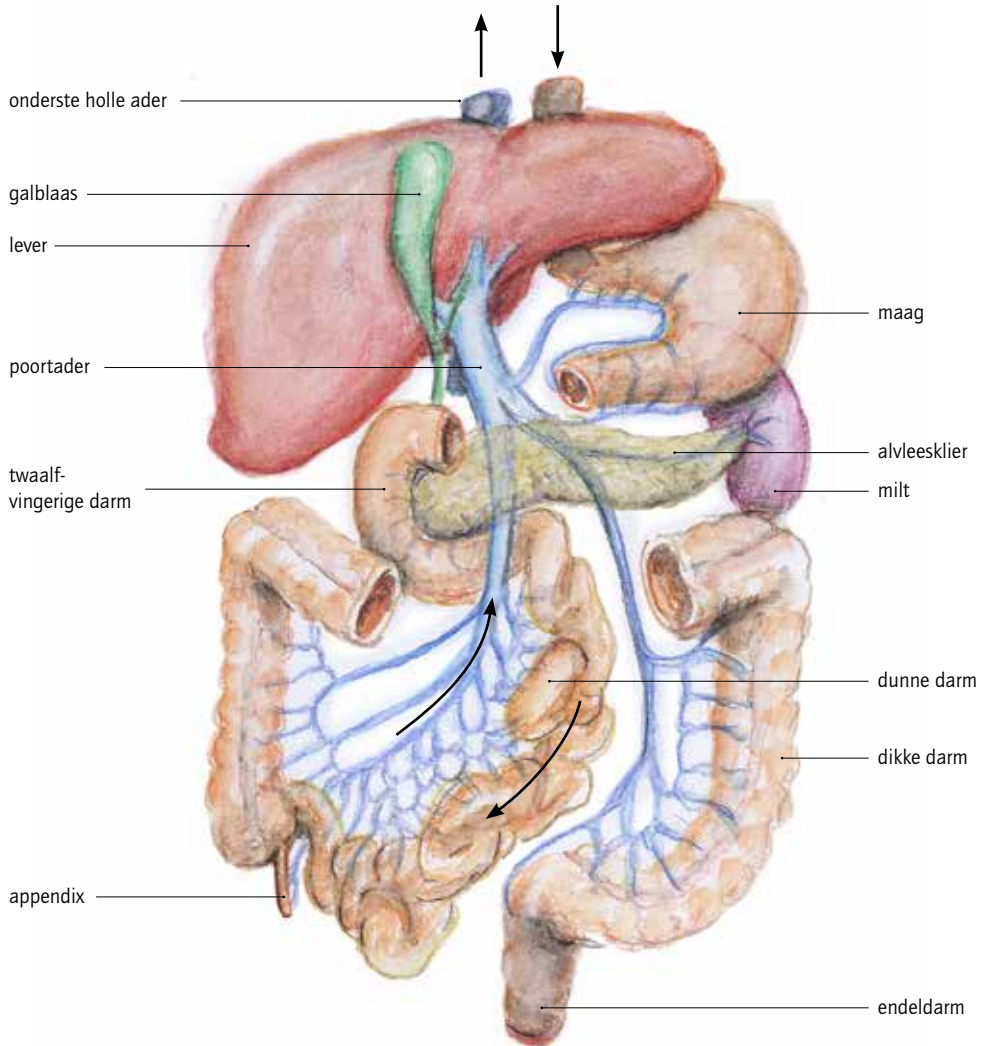
Het middengebied betreft vooral de dunne darm. Hij is over de hele lengte meervoudig geplooid. De beweging van de dunne darm is ritmisch. De inmiddels vloeibare voedselbrij wordt zachtjes heen en weer bewogen. Al wiegend wordt de voedselbrij langzaamaan door de darm verplaatst. De aanmaak van verteringszappen en de opname van opgeloste voedingsstoffen verlopen in een ritmisch afwisselend uitscheiden en opnemen.

Wilsgebied: de einddarm

De dikke darm kun je zien als het wilsgebied van de darm, beginnend bij de blinde darm met de appendix en eindigend bij de endeldarm en anus. Vanaf de blinde darm stijgt de dikke darm rechts in de buikholte omhoog, steekt dan dwars over langs de maag om links weer af te dalen en daarna te centreren in de endeldarm. De dikke darm omvat zo de gehele buikholte.

AFBEELDING 3.1

Het darmstelsel met neergaande- en opgaande stroom

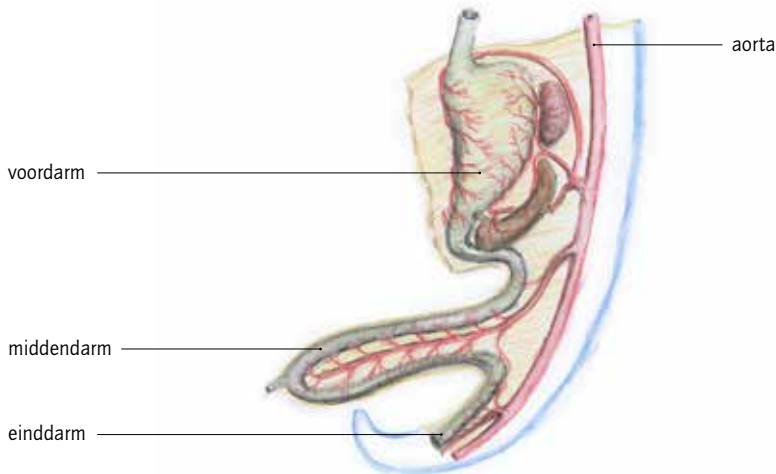


Drievoudige bloedtoevoer

Elk van deze drie delen van het darmstelsel heeft een eigen bloedtoevoer. De bovenste voedt de maag, de twaalfvingerige darm en de aanhangende organen lever en alvleesklier. De middelste voedt de dunne darm. De onderste voedt de dikke darm vanaf de blinde darm tot en met de endeldarm.

AFBEELDING 3.2

Drievoudige bloedtoevoer van het darmstelsel



Bouw en werking

Kopgebied

Het kopgebied van de darmen heeft een duidelijke relatie met zintuigen. De aanmaak van de verteringssappen wordt al opgewekt door de geur en de aanblik van voedsel. Het kauwen van het voedsel in de mond maakt de maaltijd tot een zintuigelijk avontuur van smaak, textuur, warmte en klank. Ook met de maag wordt het voedsel waargenomen, weliswaar veel minder specifiek, maar daarom niet minder essentieel. Het hongerige gevoel vóór en het voldane gevoel ná een maaltijd brengt hij duidelijk in ons bewustzijn. Daarnaast blijkt de maag onderscheid te maken tussen gewenst en ongewenst voedsel door het laatste apart te zetten en het andere door te laten. Het ongewenste voedsel wordt eventueel weer terug naar buiten gewerkt: zintuigelijke selectie dus.

De klieren met hun enzymen maken een vergelijkbaar gebaar als de zintuigen. Je kunt de wereld als geheel niet waarnemen. Je fragmenteert hem in zijn verschillende kwaliteiten. Het licht neem je met het oog waar, het geluid met het oor, beweging met de oogspieren, enzovoort. Je deelt de wereld op om hem te kunnen verinnerlijken.

De klieren en hun enzymen maken dit gebaar materiëler: met behulp van stoffen, enzymen, wordt de vertering tot stand gebracht. En zoals je meerdere zintuigen hebt die verschillende kwaliteiten van de buitenwereld waarnemen, zo heb je in het buikgebied meerdere enzymen die elk een deel van het voedsel 'herkennen'. Amylase herkent zetmeel en verteert het. Pepsine doet dat met eiwitten en lipase met vet. De verschillende enzymen fragmenteren het voedsel. Hierna kan het worden verinnerlijkt. In dit geval betekent dat, dat het opgenomen wordt in het bloed.

Dit fragmenteren van de buitenwereld als tussenstap naar verinnerlijking, zie je ook in de werking van de tanden en kiezen in de mond. De snijtanden zonderen eerst een deel van het voedsel af, de kiezen vermalen het vervolgens tot moes.

In het kopgebied wordt het voedsel gefragmenteerd door afbijten en vermalen met het gebit, door zintuigelijke waarneming, zoals van geur, textuur, smaak en warmte, en door vertering van suikers, vetten en eiwitten met specifieke enzymen.

Middengebied

In de dunne darm wordt de voedselbrij met alle toegevoegde sappen, in een voortdurende rustige heen-en-weergaande pendelbeweging gebracht. Alle voedseldeeltjes worden op die manier door-en-door gemengd met de lichaamssappen. Alle toegevoegde enzymen uit het kopgebied, plus nog enkele van de dunne darm zelf, worden in de voedselbrij gemasseerd, zodat het vaste voedsel vloeibaar wordt. Alleen in deze opgeloste, gemineraliseerde vorm kan het opgenomen worden in het bloed. Zo kan het verteerde, levenloze voedsel weer instromen in de sfeer van het levende.

Het darmslijmvlies omstulpt het voedsel met zijn plooiën. Met de diep ingesneden vlokken (villi) komt de darm het voedsel met nog grotere overgave tegemoet. Deze ontmoetingsdrang zet zich ten slotte voort in de uitstulpingen van de darmcellen zelf: de microvilli. De darm komt het voedsel dus zo ver als maar mogelijk is tegemoet. Het darmslijmvlies is nog net niet zelf vloeibaar geworden, maar het scheelt niet veel. Op microniveau is het wiegen van de vlokken en microvilli niet te onderscheiden van de beweging van de vloeibare darminhoud daaromheen. Als een veld wieren in het ondiepe zacht-klotsende water aan de voet van de zeedijk, maar dan oneindig veel verfijnder.

In deze warm-vloeibare sfeer worden de opgeloste delen via de darmcellen overgedragen aan het bloed en de lymfe.

Tegemoet treden, in elkaar vloeien, passend maken, ritmische beweging en uitwisseling, kenmerken het middengebied van de darmen.

Het kenmerk van het wilsgebied is steeds: scheppende uiteenzetting met de wereld door direct materieel contact. Feitelijk behoort het hele darmstelsel tot het wilsgebied en voldoet het hieraan doordat het zich zo intensief met het voedsel verbindt. De dikke darm als vertegenwoordiger van het 'wilsgebied van het wilsgebied' spant wat dat betreft qua 'scheppende uiteenzetting met de wereld' de kroon. Dat doet de dikke darm door het onderhouden van een complexe 'veestapel' van een à twee kilo (!) bacteriën. In die zin mag je de dikke darm beschouwen als veehouder en schepper van een zeer specifiek ecosysteem dat gevoed wordt met onverteerde vezels. Hij neemt alle tijd om zijn taak naar behoren uit te voeren, zo'n zestien uur. Daarentegen passeert het voedsel de dunne darm in enkele uren en de maag in minder dan een uur. Verschillende voedingsstoffen zoals calcium en vitamine K komen dankzij deze intensieve bewerking beschikbaar. De dikke darm is een echte buitenwerker, een aanpakker, een doener.

Naast de hierboven beschreven verteringsactiviteit van de dikke darm met behulp van bacteriën, speelt nog iets anders. Het immuunsysteem is erg geïnteresseerd in de bacteriële diversiteit die langskomt door de dunne en de vooral door de dikke darm. In de bestseller 'Darm mit Charme' van Giulia Enders (2014) wordt het als volgt beschreven: 'De wand van de dikke darm is feitelijk een opbergplaats vol immuuncellen. De appendix bestaat bijna uitsluitend uit lymfweefsel. De appendix zit dus op een perfecte locatie! Ver genoeg om zich niet met het voedingsgebeuren bezig te houden, maar dichtbij genoeg om alle vreemde micro-organismen te kunnen zien.' Even verderop: 'In een gezonde appendix zit een uiterst selectieve verzameling nuttige bacteriën. Dat is handig na een zware aanval van diarree, want dan zijn de typische darmbewoners van de dikke darm verdwenen en springt het team van de appendix bij en verspreidt zich over de hele dikke darm'.

De darm is ons grootste immuun-orgaan en 95 procent van de immunologische reacties op de buitenwereld vindt daar plaats. Om immuniteit te kunnen ontwikkelen is fysiek contact nodig tussen een witte bloedcel en een potentiële belager. De relatief veilige stoeipartijtjes die plaats vinden op de grens van binnen en buiten, bij de dikke darmwand, leiden tot een goed getraind immuunsysteem.

Uiteindelijk belandt de steeds dikker wordende brei in de endeldarm. De endeldarm kan het enige tijd vasthouden. Gemiddeld één keer per dag scheid je de inhoud van de endeldarm af. De afgescheiden poep bestaat voor 75 procent uit water. De resterende droge stof bestaat voor eenderde uit voedselresten, voor eenderde uit darmcelmateriaal en voor eenderde uit darmbacteriën. Dit is de laatste daad in relatie met de buitenwereld: het vruchtbaar maken van de bodem.

Interessant is dat de endeldarm centraal ligt, net als de mond. De symmetrie is terug en daarmee het bewustzijn. Het duurt alleen wel even voordat de opgroeiende mens ontwaakt in dit gebied. Een pasgeboren kind kan direct drinken en is dus wakker met zijn mond. Die wakkerheid daalt langzaam af naar beneden. Na twee à drie jaar is het bewustzijn zover gedaald dat het kind zindelijk is geworden.

Er is een hechte relatie tussen de ledematen en de dikke darm:

- Pas wanneer een kind kan springen kan het zindelijk worden.
- Een stevige wandeling heeft een zeer stimulerende invloed op de stoelgang.
- Bij een zuigeling die in de wieg ligt kun je zien of die al gepoept heeft. Als ze bovenin liggen is het gedaan: ze hebben zich tijdens het werk naar boven geschopt.
- Vogels die nauwelijks lopen hebben waterdunne poep, zoals het in de dunne darm normaal is. 'Loopvogels' als zwanen, fazanten en ganzen hebben al bijna echte drollen. Echte dravers zoals leeuwen, paarden en konijnen maken stevige poep(jes) of keutels.

In het wilsdeel van de darmen komt de ontmoeting met de buitenwereld tot een hoogtepunt door de ontwikkeling en instandhouding van een rijk gevarieerde darmflora, de training van het immuunsysteem op de grens van de dikke darmwand en door het vruchtbaar maken van de aarde door het uitgescheiden van de darminhoud.

Typering

Hoofdkenmerk van het darmstelsel is de intensieve materiële wisselwerking van het lichaam met de buitenwereld: met voedsel en met bacteriën door middel van tanden en kiezen, enzymen, spierbeweging en door-en-door geplooid oppervlakken. Het voedsel wordt uit zijn vaste vorm bevrijd, levenloos en vloeibaar gemaakt, opgenomen en daarna weer opgetild in de sfeer van het levende, met name door de lever. Hoe dieper je in het darmstelsel komt, hoe intensiever de buitenwereld zich manifesteert in de vorm van de bacteriecultuur in de dikke darm.

De organen die betrokken zijn bij de vertering hebben een weke structuur. Uitzondering hierop is de mond, maar die neemt dan ook een sterk vooruitgeschoven plaats in. Wanneer je de mond buiten beschouwing laat is het darmstelsel dus uitermate week en waterachtig. Er wordt per dag zo'n acht liter verteringssap geproduceerd dat vrijwel geheel weer wordt geresorbeerd. Alle enzymatische reacties zijn alleen mogelijk in een waterachtige omgeving. Ook de traag vloeiende beweging van de darmen past hier bij. Het ligt daarom voor de hand om het verteringstelsel te begrijpen als nauw samenhangend met het element water

Het element water staat voor vloeiende beweging. Het beweegt trager en zwaarder dan de wervelende lucht. Het is stabiel en gevoelig voor de zwaartekracht. Het volgt stromen die een bedding zoeken en vormen. De bedding wordt helemaal gevuld, tot het oppervlak. Veel vaste stoffen en gassen lossen in water op. Zij worden meegevoerd om op een andere plaats weer neer te slaan of te ontsnappen. In die zin is water ook een ontmoetingselement: de talloze opgeloste stoffen ontmoeten elkaar daarin, kunnen zo met elkaar reageren en een relatie met het organisme aangaan.

Water draagt, vult en brengt samen en is dé voorwaarde voor levensprocessen. Water is heel anders dus dan het agressieve wilde vuur en anders dan het aarde-element met zijn afgebakende onbeweeglijke vormen.

Regulering

De wand van het gehele darmstelsel is omgeven door een dubbele laag spieren, een dwarse en overlangse laag. Door gelijkgestemdheid ontstaat de voortstuwendende peristaltische beweging. Deze afstemming en timing wordt primair geregeld door de darm zelf. Het voedsel dat de darmwand aanraakt, stimuleert de reflexmatige peristaltische beweging. In eerste instantie werkt de darm dus autonoom.

Daarnaast wordt deze darmbeweging geremd of versneld door het autonoom zenuwstelsel dat grotendeels achter in de buikholte ligt, tegen de wervelkolom (grensstreng), rond de bloedvaten en in talloze zenuwknopen (plexus) van de darmwand. Dit autonoom zenuwstelsel stemt de darmactiviteit af op die van de rest van het lichaam. Wanneer het lichaam geen andere verplichtingen heeft, kneedt en sapt de darm dat het een lieve lust is. Bij lichamelijke inspanning wordt de darmbeweging door dit zenuwstelsel tot rust gebracht en de aanmaak van de verschillende enzymen gestaakt. Dit gebeurt buiten je bewuste wil om.

Er is één zenuwbundel, de zwervende zenuw (nervus vagus), die vanuit de hersenstam tot in de buikholte reikt. Deze hangt samen met bewuste waarneming. Zo kan de etensgeur uit de keuken de spijsverteringsorganen via deze zenuw aanzetten tot het alvast klaarmaken van de bijbehorende verteringssappen. Zelfs de gedachte aan eten kan stimulerend zijn voor de spijsverteringsorganen. Een kok raadpleegt zo zijn ingewanden bij het maken van de boodschappenlijst. Wanneer er een tevreden gebrom uit zijn buik opstijgt, weet hij dat hij een goede combinatie in gedachte heeft. Deze route, vanuit de grote hersenen via de zwervende zenuw, legt de relatie met het wakkere bewustzijn. Naast deze neurale aansturing vind je nog een andere vorm, de hormonale aansturing. De maag, de alvleesklier, de galblaas en de twaalfvingerige darm houden elkaar op de hoogte met behulp van allerlei zogenaamde weefselhormonen. Dat zijn hormonen

die plaatselijk worden geproduceerd en inwerken op nabijgelegen organen. Voorbeelden van dit soort hormonen zijn gastrine, secretine, cholecystokinine en enterohormoon. Wanneer maag of twaalfvingerige darm voedsel 'proeven' dan zullen zij hormonen afgeven aan het bloed, waardoor de andere organen meebewegen in het spijsverteringsproces.

Deze communicatie door middel van hormonen is lokaal en schept nauwe afstemming. Het autonoom zenuwstelsel zorgt voor de nodige rust in de rest van lichaam. Door de neurale en hormonale sturing ontstaat een samenhangend geheel van sapstromen en peristaltiek. De maaltijd wordt begrepen.

De aansturing van het darmstelsel is primair autonoom. De darmen hebben eigen spierweefsel dat de bewegingen maakt. De aansturing vindt enerzijds plaats door een eigen zenuwstelsel, anderzijds door de hormonen waarmee de organen elkaar rechtstreeks aanspreken. Dit alles gebeurt buiten ons bewustzijn om. De enige, min of meer bewuste verbinding naar de buik komt tot stand via de zwervende zenuw.

De lever

Wanneer je de darmen van boven naar beneden volgt, zoals je dat hiervoor gedaan hebt, kom je de lever slechts als 'galklier' tegen. Wanneer je echter de verteerde voedingsstoffen volgt die door de darmen in het bloed zijn opgenomen, ontmoet je de lever op een heel andere manier.

In zekere zin kun je deze route, van de darmen via de poortader naar de lever, beschouwen als behorend tot het wilsgebied van de darmen, net als de dikke darm.

Het bloed dat zich in de poortader verzamelt kun je eigenlijk nog geen lichaamseigen bloed noemen. Het is een soort voorbloed. De verhouding en samenstelling van alle meegevoerde stoffen is ongeschikt voor het lichaam. De lever staat als een poortwachter aan de drempel van het lichaam en 'levert' zich uit aan het binnenkomende bloed. Het wordt geproefd en uitgebalanceerd. De lever heeft blijkbaar een ijzeren standaard van hoe het bloed er uit behoort te zien. Hoe wisselend het aanbod ook is, steeds zal de lever streven naar de ideale balans waardoor het lichaam in al zijn uithoeken het zijne kan doen. Deze balans wordt gezocht voor:

- de bloedeiwitten, die zorgen voor de osmotische waarde van het bloed.
- de vetten, die de lever in de vorm van chylomicronen laat circuleren.
- de glucoseconcentratie. Deze wordt niet door de lever zelf bepaald. De lever legt daarvoor zijn oor te luisteren bij de alveesklier die met hormonen aangeeft of er opgeslagen dan wel vrijgegeven moet worden.

- het ijzer, dat door transferrine, een pentagon-dodecaeder van 24 identieke transporteiwitten, wordt meegenomen in het bloed en in het beenmerg wordt gebruikt voor de aanmaak van nieuwe rode bloedcellen.
- de vitaminen.
- de hormonen. De lever brengt het bloed steeds terug in een blanco staat. Zoals een leerkracht zijn schoolbord schoonmaakt voor de volgende les, klaar voor nieuwe actualiteit.

Met deze processen verheft de lever het bloed uit de sfeer van het minerale naar die van het levende.

Naast deze balanszoekende rol heeft de lever nog een andere rol, die past bij zijn poortwachters-kwaliteit, namelijk als speler in het afweersysteem. Op twee manieren ondersteunt de lever het lichaam bij het behouden van de eigenheid door binnendringende ongewenstheden te lijf te gaan:

- door te ontgiften, onder andere door fagocytose van gifstoffen door de kupffercellen. Deze gifstoffen worden vervolgens gebonden aan glucuronzuur, waardoor ze uitgescheiden kunnen worden via de gal. Niet-afbreekbaar gif slaat de lever op. De lever behoedt daarmee het lichaam ten koste van de eigen vitaliteit (eet nooit lever!).
- door het vangen van antistoffen uit het bloed, met name IgA, deze te concentreren en vervolgens mee te geven aan de gal, waardoor al een eerste specifieke afweer in de darmholte plaatsvindt.

Hierna komt het eigenlijke afweersysteem met de witte bloedcellen pas in beeld.

Ritme van de lever

De lever werkt zowel opbouwend als afbrekend. De opbouwstroom gaat van het bloed naar de levercellen, een centripetale stroom. De afbraakstroom gaat via de galcapillairen en is centrifugaal. Dat gebeurt niet steeds in gelijke mate. Er is sprake van een 24-uursritme waarbij de opbouw zijn top bereikt rond drie uur in de nacht (het moment van wakker worden als je iets op je lever hebt). De afbraak is rond drie uur in de middag op zijn hoogtepunt. Bij opbouw vergroten de levercellen, bij afbraak verkleinen ze. Het levergewicht schommelt hierdoor dagelijks vijftien à twintig procent. De lever slaat de helft tot driekwart van de opgenomen voedingsstoffen op.

Stroming in de lever

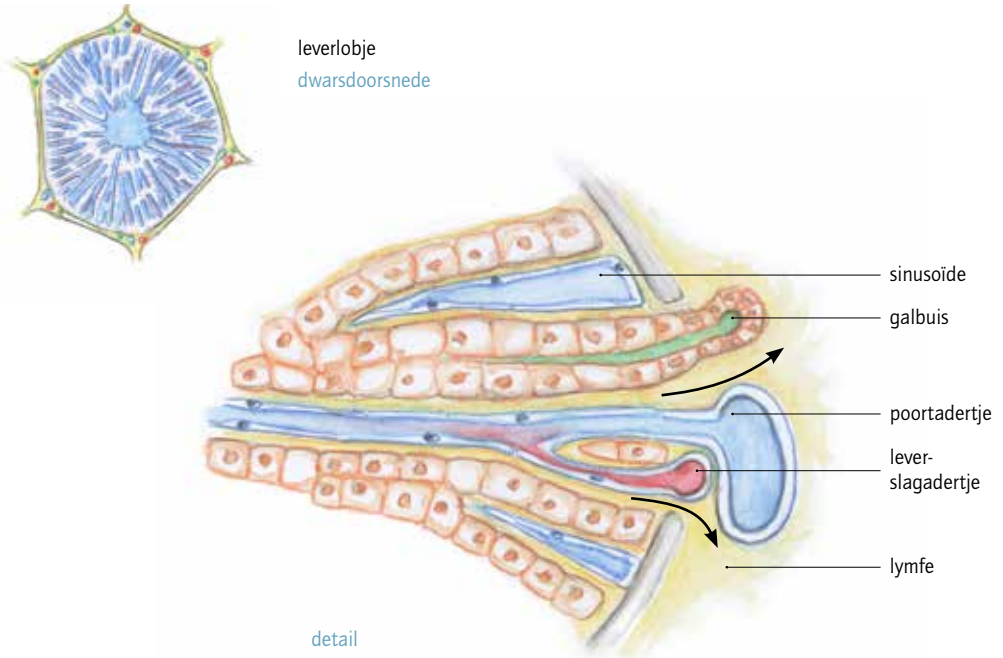
De lever ontvangt zowel poortaderlijk als slagaderlijk bloed. Het poortaderlijke bloed in de wijde sinusoiden staat onder lage druk en is traag vloeiend.

Er zijn drie uitstromen, via de leverader, de galgangen en de lymfevaten. De lever is de grote lymfe-leverancier van het lichaam. De lymfe lekt weg tussen de toevoerende bloedvatcellen en de cellen van de wanden van de sinusoiden. Het beeld van de immer vloeiende, overstromende levensbron dringt zich op. Ongeveer 27 procent van het hart-minuutvolume stroomt door de lever, terwijl de

lever maar 2,5 procent van het lichaamsgewicht heeft. Door de korte lijn vanuit de poortader via de lever naar de lymfeknopen, is lik-op-stukbeleid mogelijk tegen indringers.

AFBEELDING 3.3

Lymfe lekt uit de sinusoiden in het leverlobje naar buiten



Wanneer je de cellen van de lever met die van het zenuwstelsel vergelijkt, dan is er een polariteit te zien. De zenuwcellen zijn sterk uitgevormd en gespecialiseerd. Zij zijn niet in staat zichzelf in leven te houden. De omhullende gliacellen zorgen daarvoor. De zenuwcellen zelf zijn op sterven na dood. Zij hebben één heel specialistische werking: impulsen geleiden.

Levercellen zijn nauwelijks gedifferentieerd, ze lijken allemaal op elkaar. Ze zijn compact van vorm. In elke cel kunnen talloze processen plaatsvinden, afhankelijk van de omstandigheden en het moment. Levercellen zijn veel dichter bij de ongedifferentieerde embryonale stamcel gebleven. In die zin zijn levercellen jong.

Wanneer een deel van de lever wordt verwijderd groeit deze snel weer aan. Wanneer de rechter nier wordt verwijderd zal de lever deze ruimte opvullen. De messcherpe randjes van de lever ontstaan, omdat hij de ruimte tussen elkaar naderende vliezen opvult. Leverweefsel is heel vitaal.

De lever vormt, door het scheppen van de juiste balans van voedingsstoffen, de overgang van mineraal bloed naar levensbloed. Hij vormt, naar binnen door ontgiftiging en naar buiten door antistoffen, een eerste afweer-barrière.

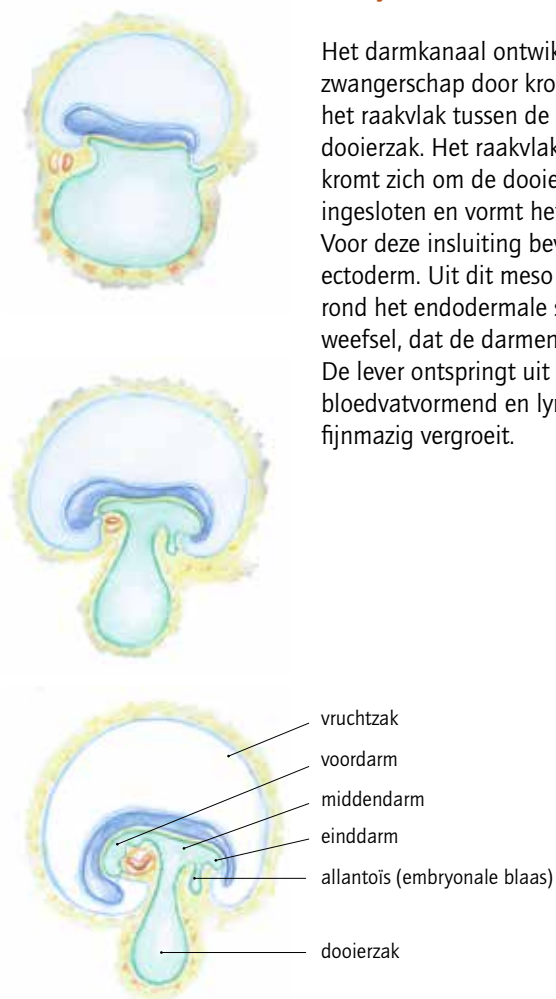
De lever richt zich de ene helft van de dag op aanleg van reserve en de andere helft van de dag op het afgeven aan het lichaam van opgebouwd saldo. De lever heeft de grootste bloedvoorziening van alle organen van het lichaam. De ingewanden en met name de lever fungeren als bloedreservoir. De bloedstroom in de lever is ongedifferentieerd, traag en volumineus, niet stuwend, maar vooral wellend. Er is een korte lijn vanuit de lever via de lymfe naar de witte bloedcellen. Leverweefsel is eenvormig en eenvoudig van structuur, en zeer complex in zijn werking. Het sterke regeneratievermogen van de lever past bij zijn vegetatieve karakter.

AFBEELDING 3.4

Ontwikkeling van de darm uit de dooierzak (zie ook afbeelding 2.2)

Embryonale ontwikkeling

Het darmkanaal ontwikkelt zich eind derde week van de zwangerschap door kromming van de kiemschijf. De kiemschijf is het raakvlak tussen de twee embryonale blazen: de vruchtzak en de dooierzak. Het raakvlak van de vruchtzak, het ectoderm groeit en kromt zich om de dooierzak. Een deel van de dooierzak wordt hierbij ingesloten en vormt het endodermale weefsel van de oerdarm. Voor deze insluiting bevindt zich meso-weefsel tussen het endo- en ectoderm. Uit dit meso ontstaat het bloedvatstelsel en de spierlaag rond het endodermale slijmvlies van de darm. Ook het lymfatisch weefsel, dat de darmen rijkelijk omgeeft, ontstaat uit het meso. De lever ontspringt uit de voordarm en vindt op zijn weg bloedvatvormend en lymfevatvormend mesoweefsel waarmee hij fijnmazig vergroeit.



Evolutionaire ontwikkeling

De spijsvertering evolueert van externe vertering, naar fagocytose, naar voorvertering in combinatie met fagocytose, tot volledige vertering in het darmkanaal. Je ziet een ontwikkelingsreeks waarbij het voedsel steeds meer wordt ingesloten. Dit insluitende gebaar (gastulatie) bereikt in de ontwikkeling van het leven op aarde al vrij vroeg zijn hoogtepunt. Deze reeks eindigt daar, waar de bloedsomloop begint: bij de rondwormen. Vanaf dan kan het lichaam volume en een 'binnenwereld' maken.

Bacteriën	Uitwendige vertering.
Amoeben	Fagocytose en vertering in een voedselvacuole.
Holtedieren	Hebben ecto- en endoderm. Voorvertering in gastrale holte. Voedselpartikeltjes worden door de cellen zelf gefagocyteerd. Prooien kunnen dus groter zijn dan de lichaamscellen.
Platwormen	Hebben als eerste meso (mesenchym), naast ecto- en endoderm. Bezitten een pharynx, een buisvormig darmorgaan aan mondopening. Zuigen voedselstukjes naar binnen. Darmvertering duurt acht uur, daarna vacuolvertering die vijf tot acht dagen duurt. Het sterk vertakte darmkanaal loopt dood, mond is in- en uitgang. Hebben geen bloedsomloop.
Rond- en ringwormen (regenworm) tot en met de mens	Vormen een doorlopend darmkanaal met een ingang voor en een uitgang achter, secundaire mond en anus. Volledige vertering in de darm en daarna opname in het bloed. Sommige diersoorten hebben darmuitstulpingen waarin voedsel eerst gefermenteerd wordt, zoals de blinde darm van de koalabeer.

Enkele bijzonderheden

Portaalsystemen

De twee portale systemen van het lichaam (darm-lever en hypothalamus-hypofyse portaalsysteem) verbinden delen van lichaam met elkaar die samenhangen met verschillende wezensdelen. Bij het lever-portale systeem worden stoffen uit het etherisch gebied overgedragen aan het astrale gebied. Bij het hypofyse-portale systeem is het net andersom. Daar worden de zintuigindrukken (astraal) vertaald naar gedrag (etherisch). Hormonen brengen het gedrag in beweging.

Prometheus

Het ritme van de lever wordt weerspiegeld in het verhaal van Prometheus die geketend aan een rots (stoffelijke wereld) ligt en van wie overdag de lever door een adelaar (intellectuele denken) wordt opgegeten en 's nachts weer regeneert. Hercules (hoger ik) bevrijdt Prometheus ten slotte. Prometheus wordt gestraft, omdat hij het vuur, te vroeg, uit de hemel heeft geroofd

Het darmstelsel in spreekwoorden en gezegden

Ergens je tanden in zetten
Het voor de kiezen krijgen
Het was wel even slikken
iets spuugzat zijn
Het ligt zwaar/als een steen op de maag
Iemand iets in de maag splitsen
Ergens mee in je maag zitten
Je gal spuwen
Iets op je lever hebben
Iets fris van de lever te berde brengen
Het is moeilijk te verteren

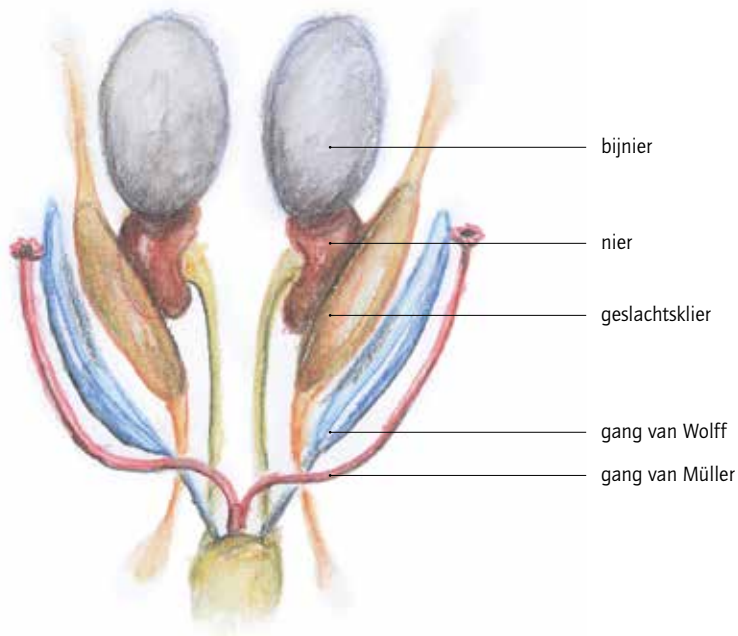
Bij vrijwel alle gezegdes is er werk aan de winkel. Er moet iets ondernomen worden om weer op orde te komen. Dat is opmerkelijk. Normaal merk je niks van je vertering, je slaapt daar met je bewustzijn. Op het moment dat iets zwaar op de maag ligt, komt het wél in het bewustzijn. Er is dus blijkbaar iets zodanig niet in orde dat het de slaap verstoort. Dat is onplezierig.

De gemeenschappelijke ontwikkeling van nieren, bijnieren en geslachtsorganen

De nieren staan in dit hoofdstuk centraal. Zij maken deel uit van het urogenitaal stelsel dat bestaat uit de bijnieren, de nieren en de geslachtsorganen. De gemeenschappelijke oorsprong van deze organen wordt duidelijk in de embryonale ontwikkeling. Zij ontstaan gedrieën uit één embryonale plooi, de urogenitale plooi, en ook de verdere ontwikkeling is nauw verstrengd.

AFBEELDING 4.1

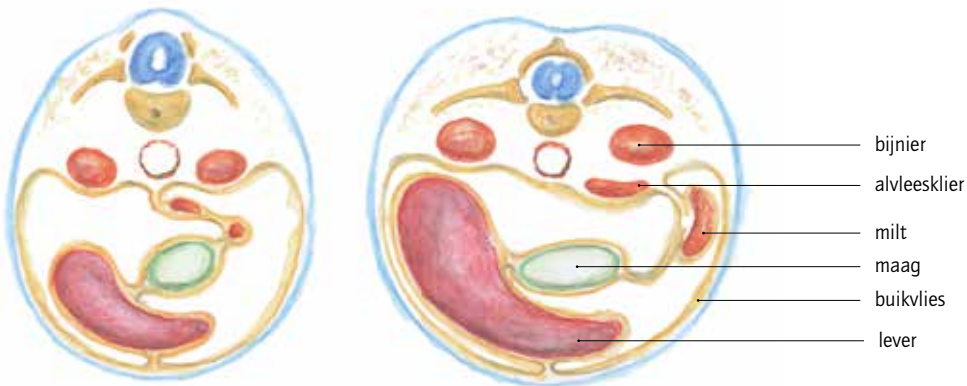
Bijnieren, nieren en geslachtsklieren liggen in een drieslag boven elkaar



Wanneer je de organen van het urogenitaal stelsel bekijkt bij een embryo van twee maanden oud dan valt het volgende op. De drie organen-in-aanleg liggen in een fraaie drieslag boven elkaar: bovenaan de bijnieren, middenin de nieren en onderaan de geslachtsorganen. In dwarsdoorsnede wordt zichtbaar dat zij uit een gemeenschappelijke plooi zijn ontstaan, de urogenitale plooi. Ook wordt duidelijk dat de oorsprong van de typische buikorganen, zoals lever, alveesklier, milt en ook de longen, een heel andere is. Ze ontstaan alle uit de darmen en binnen het darmvlies. De urogenitale organen ontstaan buiten het buikvlies en noem je daarom retro-peritonaal (achter het darmvlies). Zij zijn geheel anders van karakter dan de organen in de buik.

AFBEELDING 4.2

De echte buikorganen ontwikkelen zich uit de darmen binnen het buikvlies, de urogenitale organen ontwikkelen zich buiten het buikvlies vanuit de rugzijde



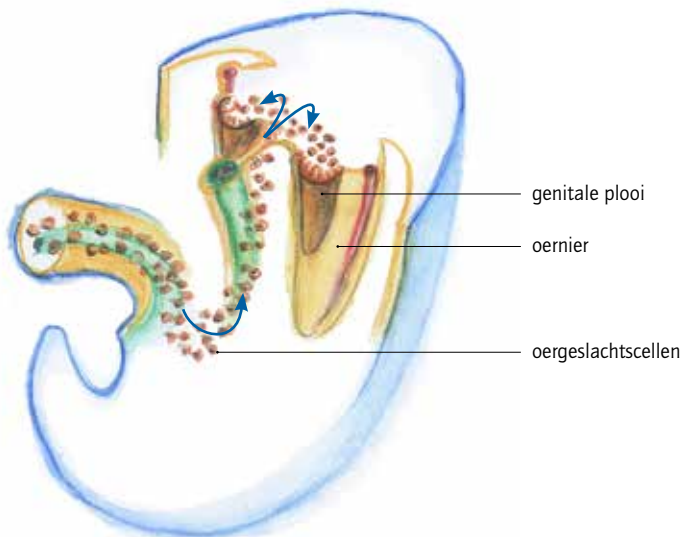
De urogenitale organen ontstaan uit het mesenchym, het middelste van de embryonale kiembladen. Vanuit deze gemeenschappelijke oorsprong ontwikkelen deze drie organen zich elk in een geheel eigen richting verder. In de loop van de tweede maand wordt elk van hen 'ingezaaid' met cellen uit de verschillende embryonale kiembladen!

De bijnieren stellen zich open voor zenuwcellen van het embryonale rugblad (ectoderm). Deze golf zenuwcellen stroomt vanuit het kopgebied het daarvoor openstaande bijnierweefsel binnen. De ingestroomde zenuwcellen vormen het merg van de bijnier.

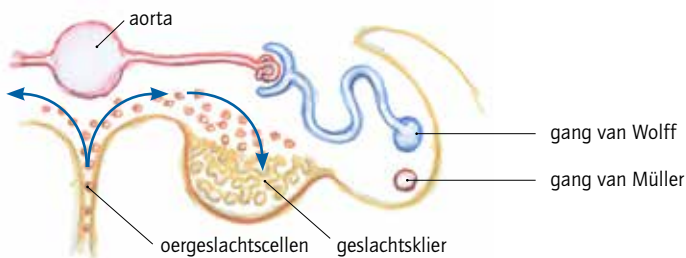
De geslachtsklieren stellen zich open voor cellen die oorspronkelijk afkomstig zijn van de dooierzak, het embryonale oerdarmblad (endoderm). Het zijn deze cellen die later de werkelijke ei- of zaadcellen worden in de geslachtsklier. Deze oergeslachtscellen waren in het vroege embryonale morula-stadium apart gehouden. Wanneer de tijd rijp is, in de vijfde week van de zwangerschap, stromen deze cellen van onder uit de buikholte via de zogenaamde kiembaan naar de geslachtsklieren en nestelen zich daar definitief. De nieren ontstaan uit een ontmoeting van meso- met meso-weefsel van het embryonale middenblad. De mesenchymale ureterknop doordringt het mesenchymale nierweefsel en vormt daarin de verzamelbuisjes, waarna het nierweefsel in reactie daarop de lissen van Henle vormt met de gekronkelde buisjes en de kapsels van Bowman. De kapsels van Bowman op hun beurt ontmoeten de bloedvaten die zich in de kapsels zullen nestelen en de glomeruli vormen (alle bloedvaten zijn van mesenchymale afkomst).

AFBEELDING 4.3

Oergeslachtscellen uit de dooierzak (wilsgebied) nestelen zich in de geslachtsklieren

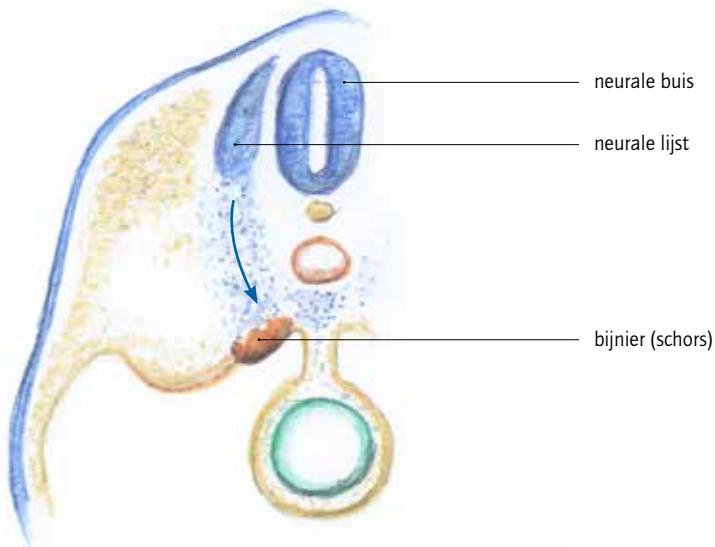


dwarsdoorsnede



AFBEELDING 4.4

Een golf van zenuwcellen uit de neurale lijst (kopgebied) wordt opgevangen in de bijnier



De urogenitale organen stammen uit een gebied buiten het darmvlies. Vanuit de urogenitale plooï ontstaan de bijnieren, nieren en geslachtsklieren uit verbinding met cellen uit een van de drie embryonale kiembladen. De bijnieren ontstaan uit verbinding met de zenuwcellen uit het ectoderm. De nieren ontstaan uit verbinding van de ureterknop met mesenchymale cellen die het nefron vormen en de eveneens mesenchymale glomeruli. De geslachtsklieren ontstaan uit verbinding met oergeslachtscellen uit het endoderm.

Driegeleding

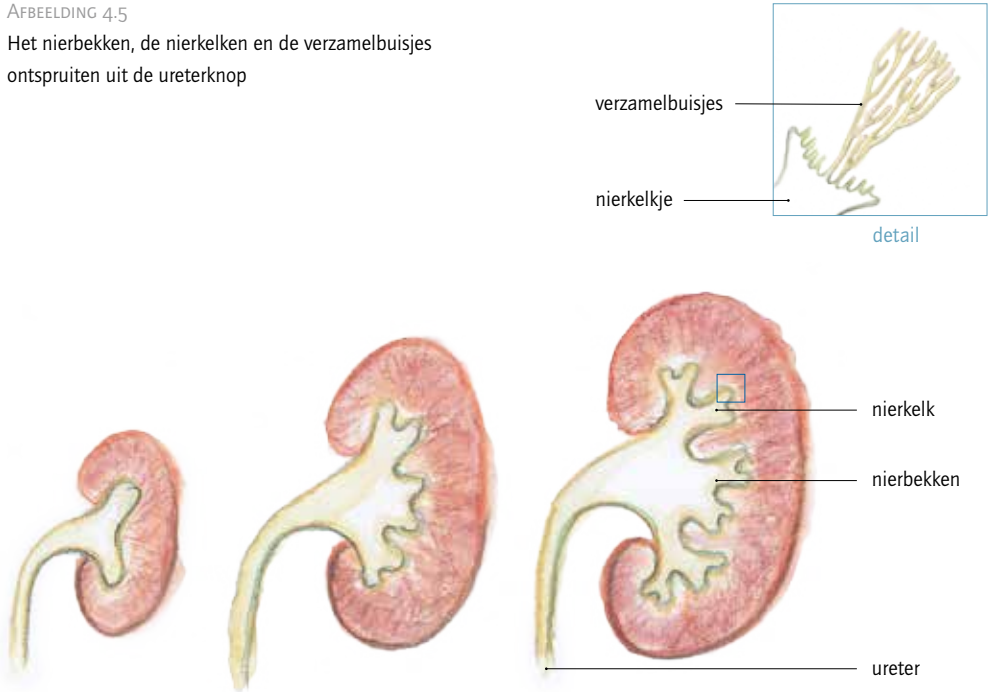
Kopgebied: de bijnieren

De bijnieren hebben een sterk regulerende taak. Het merg is afkomstig van het, ectodermale, zenuwweefsel dat 'van nature' reguleert. Meer dan honderd hormonen zijn afkomstig van de bijnieren, onder andere adrenaline en cortisol, beide typische stress-hormonen. De bijnieren staan gedeeltelijk onder invloed van hypofysehormonen.

Dit reguleren is kenmerkend voor het kopgebied.

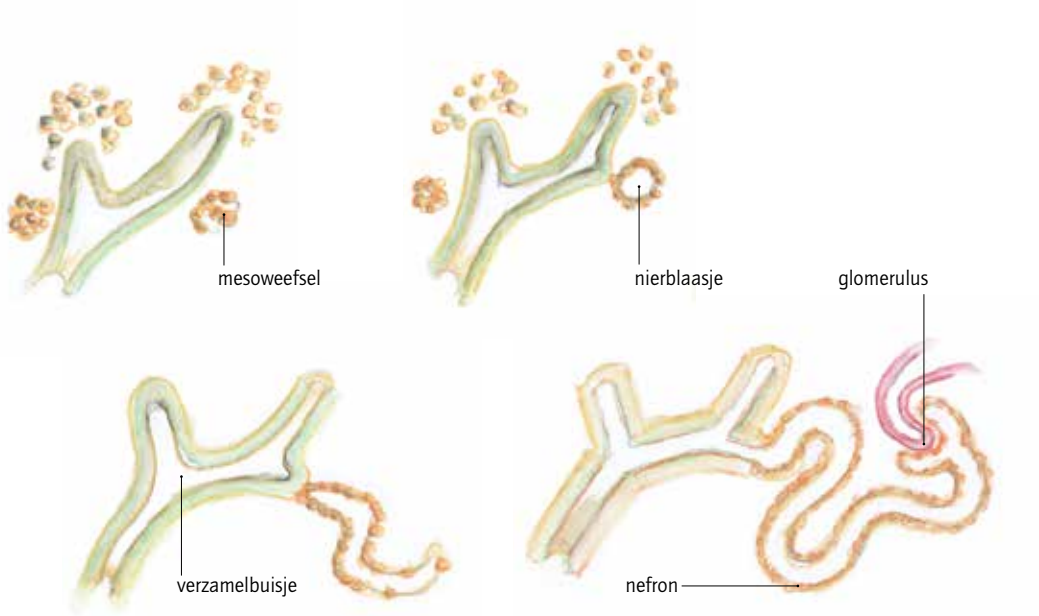
AFBEELDING 4.5

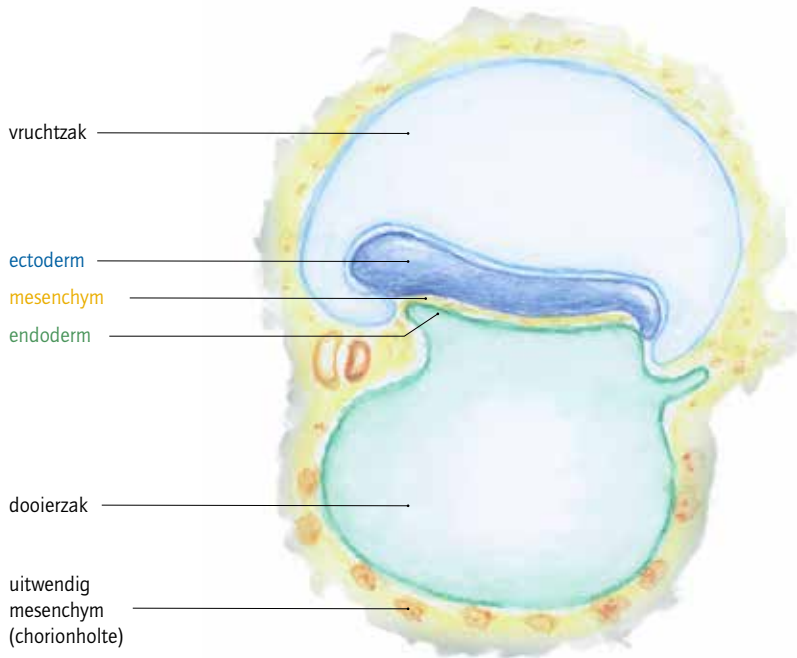
Het nierbekken, de nierkelken en de verzamelbuisjes ontspruiten uit de ureterknop



AFBEELDING 4.6

De ontwikkeling van een nefron uit een nierblaasje, tussen verzamelbuisje en bloedvatje (middengebied)





**Middengebied:
de nieren**

De nieren vertonen een ritmische bouw en ritmische processen. Dit ritme zie je in de waaivormige bouw van de nefronen, in de op- en neergaande beweging van de stroom door de nefronen en verzamelbuisjes, met het daarmee samenhangende ademende tegenstroomprincipe, in het proces van opnemen, loslaten en weer opnieuw opnemen van bijvoorbeeld natrium en ureum, in de regulering van de bloeddruk en in de polariteit van concentratie en verdunning.

Ritmische processen, uitwisseling en de daarmee gepaard gaande regeneratie zijn kenmerkend voor het middengebied.

**Wilsgebied:
de geslachtsorganen**

De geslachtsorganen zijn typische 'buitenwerkers' die de ontmoeting met de wereld zoeken. De seksuele aantrekkingskracht tussen soortgenoten is een belangrijke motor voor het gaan en staan. Daarnaast grenst het scheppend vermogen van de geslachtsorganen aan het ondenkbare: een nieuw organisme kan zich ontwikkelen uit geslachtelijk contact!

Direct contact met de buitenwereld en scheppend vermogen zijn kenmerkend voor het wilsgebied.

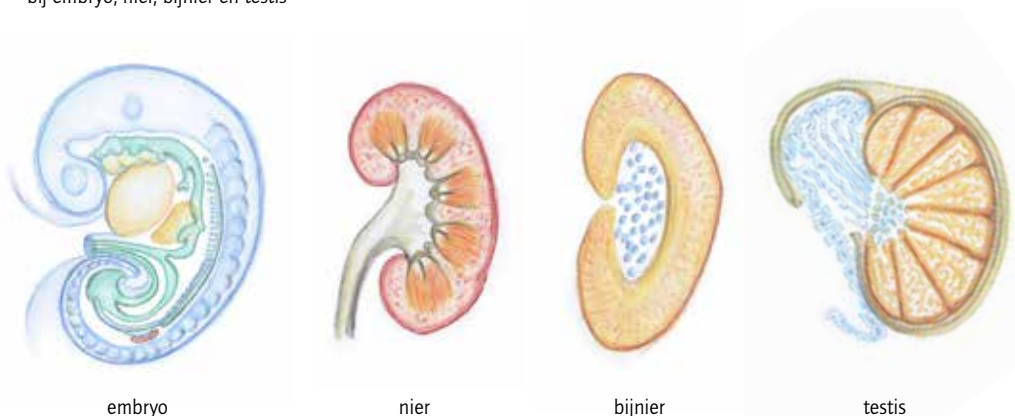
Vorm en ligging

Insluitende vorm

De nieren hebben de karakteristieke gastrulavorm, die tegelijk een naar binnen gekeerde dynamiek heeft én zich uitdrukt in de omgeving. De eigen vorm van de nieren is zo sterk dat zij zich in andere organen afdrukt: de lever draagt een afdruk van de rechter nier, de milt van de linker nier. Ook de bijnieren en de geslachtsklieren maken dat gebaar, vergelijkbaar met de eerste kromming van het embryo. De vorm van de nieren is de oervorm van alle hogere dieren en duidt op inkeer, afzondering, verinnerlijking, op het vormen van een binnenruimte en interne organen. Alleen dieren hebben uitingsvormen die op de aanwezigheid van een binnenruimte, van beleving duiden, zoals perceptie, aanpassend en reactief gedrag. Het beschreven fenomeen van de opname van weefsel uit verschillende embryonale regionen stemt overeen met deze insluitende beweging.

AFBEELDING 4.8

Insluitende vorm met gedifferentieerde weefsellagen (schors, merg)
bij embryo, nier, bijnier en testis



Symmetrie

De nieren, de bijnieren en de geslachtsorganen zijn gepaard en min of meer symmetrisch. Dit in tegenstelling tot de organen in de buikholte: lever, alveesklier, maag, galblaas en darmen, die asymmetrisch en enkelvoudig zijn.

Interne gedifferentieerde structuur

Het urogenitaal weefsel is duidelijk gedifferentieerd. Bij elk van de organen kun je twee weefselzones onderscheiden: schors aan de buitenkant en meer centraal het merg. De organen, in de buikholte hebben geen differentiatie in schors en merg.

Kopkarakter

De heldere differentiatie van het weefsel in schors en merg is karakteristiek voor de hersenen. De hersenen en de organen van het hoofd zijn bovendien gepaard en/of symmetrisch. In hart en longen, beide organen van het middengebied van het lichaam, vind je een herinnering van symmetrie, maar geen differentiatie in schors en merg. Het fenomeen van symmetrie neemt af van kop naar stuit. Toch vind je gepaarde symmetrische organen, nieren, bijnieren en geslachtsorganen, in de buikregio. Hoe zijn zij daar terechtgekomen? In de volgende paragraaf wordt daar nader op ingegaan.

De insluitende vorm die je bij de urogenitale organen tegenkomt is een typisch animaal gebaar. Alleen dieren en de mens hebben een innerlijk leven.

Nieren, bijnieren en geslachtsklieren lijken in hun vorm meer op het zenuwstelsel van het hoofd dan de andere buikorganen: ze zijn gepaard, symmetrisch, bezitten een schors en een merg en hebben een zeer gedifferentieerde interne structuur. Zij liggen buiten het buikvlies. De sterke eigen vorm van de nieren drukt zich af in de naburige organen.

Embryologie van de nieren

Pronefros

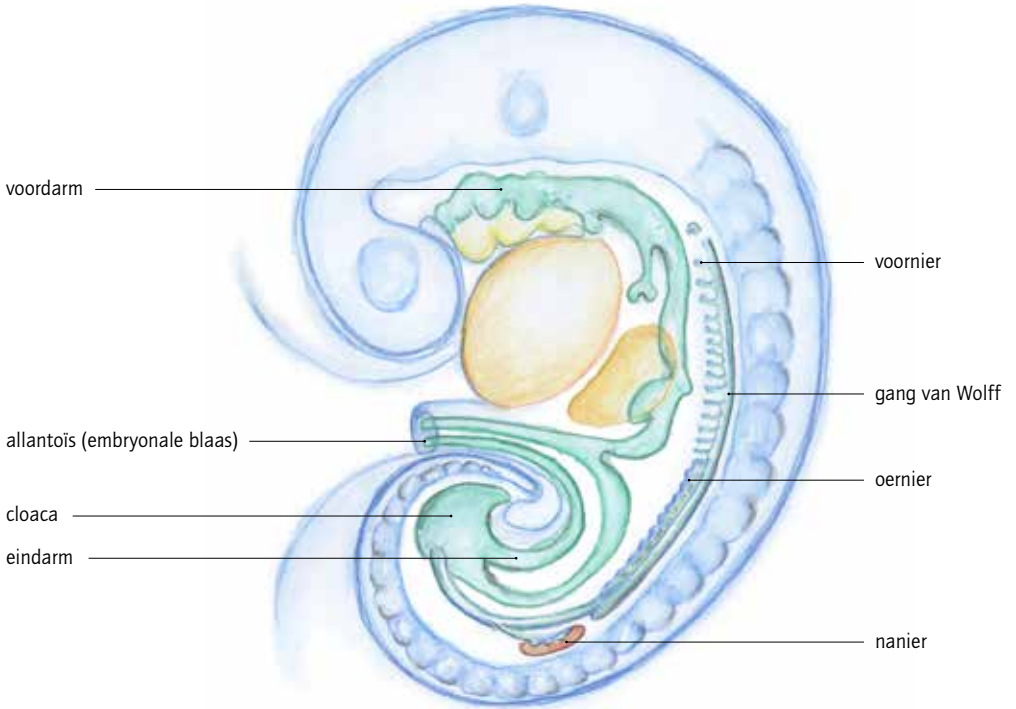
De eerste aanzet tot de vorming van de nieren vindt plaats na de derde week van de embryonale ontwikkeling in de nek-regio. Deze zogeheten pronefronen verdwijnen na enkele weken, voordat zij ooit gewerkt hebben als uitscheidingsorganen.

Alleen bij primitieve dieren kom je functionerende pronefronen tegen, bijvoorbeeld bij het lancetvisje.

Mesonefros

Vanaf de vierde week ontstaat het volgende niertype, de oernier of mesonefros. Het ontwikkelt zich, aansluitend aan de pronefros, maar dan lager, in het borstgebied. Het heeft glomeruli en uitscheidingsbuisjes en werkt voor een korte periode. De uitscheidingsbuisjes ontwikkelen zich uit uitlopers van de buikholte (intra-embryonaal coeloom). In de loop van de tweede maand verdwijnen deze mesonefronen ook. Een deel van het buizensysteem blijft echter behouden en vormt om tot de gang van Wolff, die zich bij mannen ontwikkelt tot zaadleider.

De oernier of mesonefros handhaaft zich als nier bij vissen en amfibieën. Ook hier ontwikkelen zij zich vanuit het borstgebied.



Metanefros

Het derde embryonale niertype is de metanefros. Dit wordt de definitieve nier. Hij vormt zich vanaf de vijfde week, lager dan de mesonefros, namelijk in het buikgebied. De nier begint zich te ontwikkelen wanneer de beide ureterknoppen uitgroeien in de nanier en zo het nierbekken en de verzamelbuisjes vormen. De uiteinden van de volgroeide ureterknoppen vormen de kapsels van Bowman. Deze induceren, in de ontmoeting met de bloedvaten, de vorming van de glomeruli.

De metanefros, de definitieve nier, wordt functioneel aan het eind van het eerste trimester van de zwangerschap.

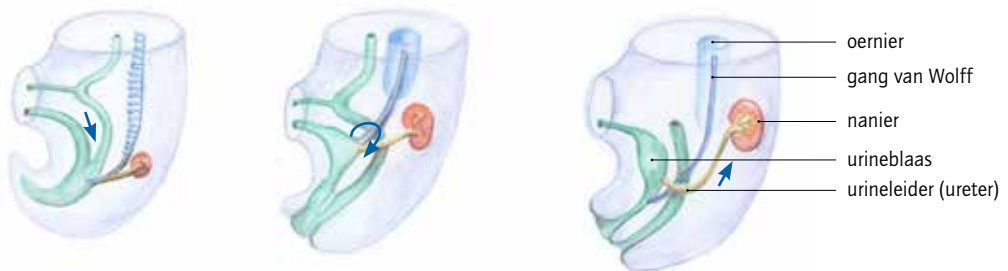
Je ziet dus dat de eerste aanzet van de niervorming, de pronefros, plaatsvindt in het kopgebied van het lichaam. Dit verklaart hoe de nieren als buikorganen toch kenmerken van het kopgebied vertonen.

De ontwikkelingsafdeling van het nierstelsel wordt gevolgd door een opstijgen, waarbij de nieren van hun onderbuik-ligging naar hun definitieve plaats reizen, bovenin de buikholte aan de rugzijde, tegen het middenrif aan. Daar bewegen zij mee met elke ademhaling.

De metanefros, ofwel de echte nier, komt voor bij complexe organismen, zoals reptielen, vogels, zoogdieren en de mens. Bij de metanefros gaat het niet meer om segmenten, maar om een compact orgaan. De pronefros heeft één afvoerbuysje per segment. De mesonefros achttien tot twintig en bij de metanefros gaat het, bij de mens, om een miljoen. Dit is te vergelijken met de evolutionaire ontwikkeling van het hart. Bij wormen zie je bijvoorbeeld in elk segment een hart. In de loop van de evolutie ontstaat bij complexere dieren uiteindelijk een centraal efficiënt hartorgaan.

AFBEELDING 4.10

De gang van Wolff verandert in de zaadleider, de urineleider verbindt zich met de blaas



De nier toont in zijn embryonale ontwikkeling veel meer 'kop-oorsprong' dan zijn uiteindelijke plaats bij de mens doet vermoeden. De nier daalt in zijn ontwikkeling vanuit het kopgebied diep naar beneden, vindt daar aansluiting bij de cloaca middels de ureterbuis (gang van Wolff), om vervolgens weer op te stijgen tot tegen het middenrif. De oorsprong van de nieren, zo dicht bij de oorsprong van het zenuwstelsel, verklaart met hun overeenkomst in structuur en symmetrie met de hersenen.

Evolutionaire ontwikkeling

Pas laat in de evolutie komt iets tevoorschijn dat op een nier lijkt: geleedpotigen, zoals spinnen en kreeften, hebben een coxaalklier die in het kopgebied(!) ligt. Echte nieren verschijnen voor het eerst bij gewervelde dieren.

Filtratie en resorptie in de nieren

De nieren nemen grote hoeveelheden bloed uit de circulatie. Ze filteren het en resorberen vervolgens het grootste deel van het ultrafiltraat weer terug. Een klein deel van het filtraat wordt uitgescheiden als afvalstof met de urine.

Er is grote dynamiek. Per dag gaat het bloedplasma zestig keer door de nieren, de extracellulaire lichaamsvloeistof tien tot vijftien keer. Daarmee kan afgestemd worden op omstandigheden als hitte, inspanning, gebrek aan water en opname van zouten. De nier waakt als een hoogsensibel oog over het bloed en daarmee over de weefselvloeistof die alle lichaamscellen omgeeft, waardoor deze rein blijft, niet verzout en het concentratie-evenwicht van de verschillende ionen constant blijft, met name die van natrium-, kalium-, chloor-, calcium- en ook die van waterstof-ionen. De nier speelt een cruciale rol met betrekking tot de bloeddruk. Afvoer van water en zouten leidt direct tot bloeddrukvermindering, terwijl extra resorptie van zouten en daardoor water, een bloeddrukverhogend effect heeft.

De nier bewaakt zeer actief de bloeddruk en de samenstelling van de lichaamsvloeistoffen.

Nieren als uit- én inscheidingsorgaan

Daar, waar bloedvaten en (voor-)urinebuisjes elkaar in de nefronen ontmoeten, vindt zeer intensieve uitwisseling plaats. Stoffen, vooral zouten, glucose en heel veel water, die eerst aselekt uit het bloed geperst waren, worden nu grotendeels weer geresorbeerd. Alleen de stoffen die het lichaam echt niet terug wil, blijven in de buisjes achter en komen via de verzamelbuisjes in het nierbekken en worden vervolgens naar de blaas afgevoerd. De activiteit zit dus niet zozeer in het uitscheiden, maar in het resorberen. De ultrafiltratie bij de glomerulus is 'domweg' scheiden op grootte en lading met de kracht van de bloeddruk. Bij de resorptie in de buisjes daarna, vindt actieve selectie plaats. In die zin kun je de nieren een inscheidingsorgaan noemen.

De nefronen zijn de intensieve ontmoetingsplaatsen van bloedvaatjes, met de vertakkingen van de urinewegen. Pas wanneer het serum buiten het bloed is (waar het voorurine heet), komt de nieractiviteit op gang in de vorm van actieve selectieve resorptie: inscheiding!

Fijngedifferentieerde fysiologie van de nieren

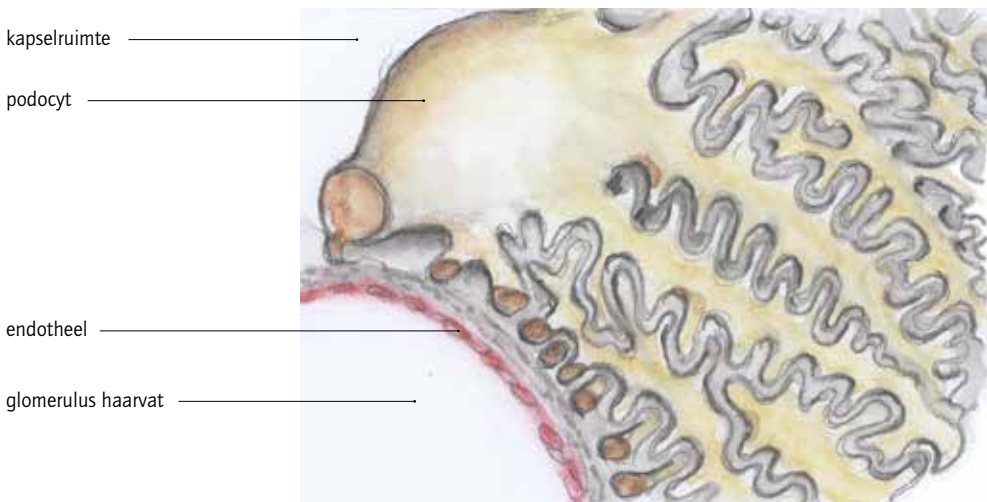
In de bouw van de nieren zie je een duidelijk onderscheid tussen schors en merg. Verdere differentiatie vind je in de fijnmazige bouw van het nefron en de daaromheen waaierende bloedvaten. Die fijnmazigheid zet zich door tot in de kleinste details. De nier kan dankzij enkele fysiologische systemen een hoogst effectief osmotisch spel spelen waarmee 'de ideale lichaamssap-samenstelling' en 'de juiste bloeddruk voor dat moment' bereikt worden. Hieronder zes belangrijke systemen op een rij. Deze opsomming schept inzicht in de nierwerking en illustreert het door-en-door gedifferentieerde karakter van de nieren.

(Semi-)selectieve filtering van bloed uit de glomerulus in het kapsel van Bowman

Getande cellen van het binnenblad van het kapsel van Bowman haken zo in elkaar dat dunne spleetjes ontstaan. Dit in combinatie met gespecialiseerde negatief geladen poorten zorgt voor een zeer grote doorstroom (meer dan honderd keer zo veel als uit normale haarvaten), terwijl toch voldoende selectie plaatsvindt. De negatief geladen eiwitten en grotere bestanddelen blijven achter in het bloed. Dit filter werkt passief, de bouw selecteert. De bloeddruk is de drijvende kracht. Het is een grof filter, in die zin vooral aselectief.

AFBEELDING 4.11

Getande cellen van het binnenblad van het kapsel van Bowman

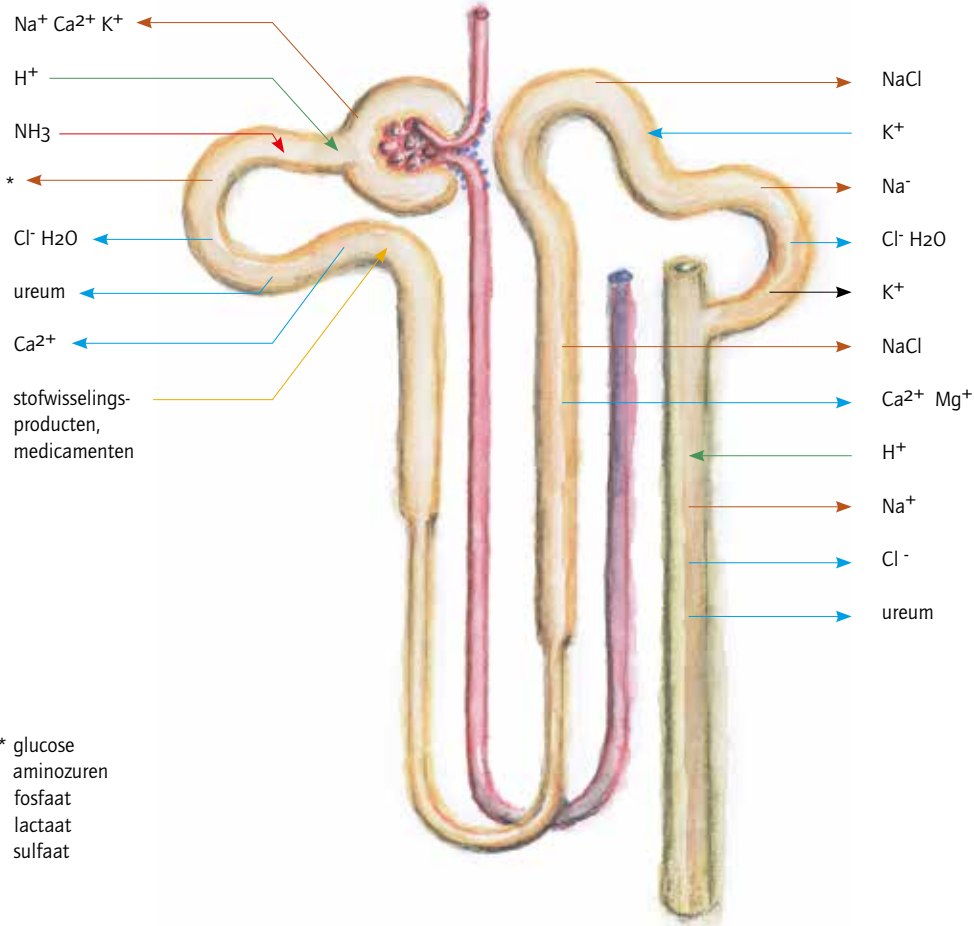


Actief en passief transport in combinatie met selectieve doorlaatbaarheid

Elk nefron heeft meerdere segmenten die onderling verschillen in anatomie en/of functionaliteit. Elk segment heeft zijn specifieke vermogen tot resorptie van bepaalde stoffen. Bepaalde delen zijn doorlaatbaar voor water en/of ureum en andere delen juist weer niet. Door actief transport van vooral natrium, door co-transport van andere stoffen én door het daaraan verbonden passief transport van water, heeft de nier handvatten om te regisseren.

AFBEELDING 4.12

Transport van en doorlaatbaarheid voor stoffen in het nefron

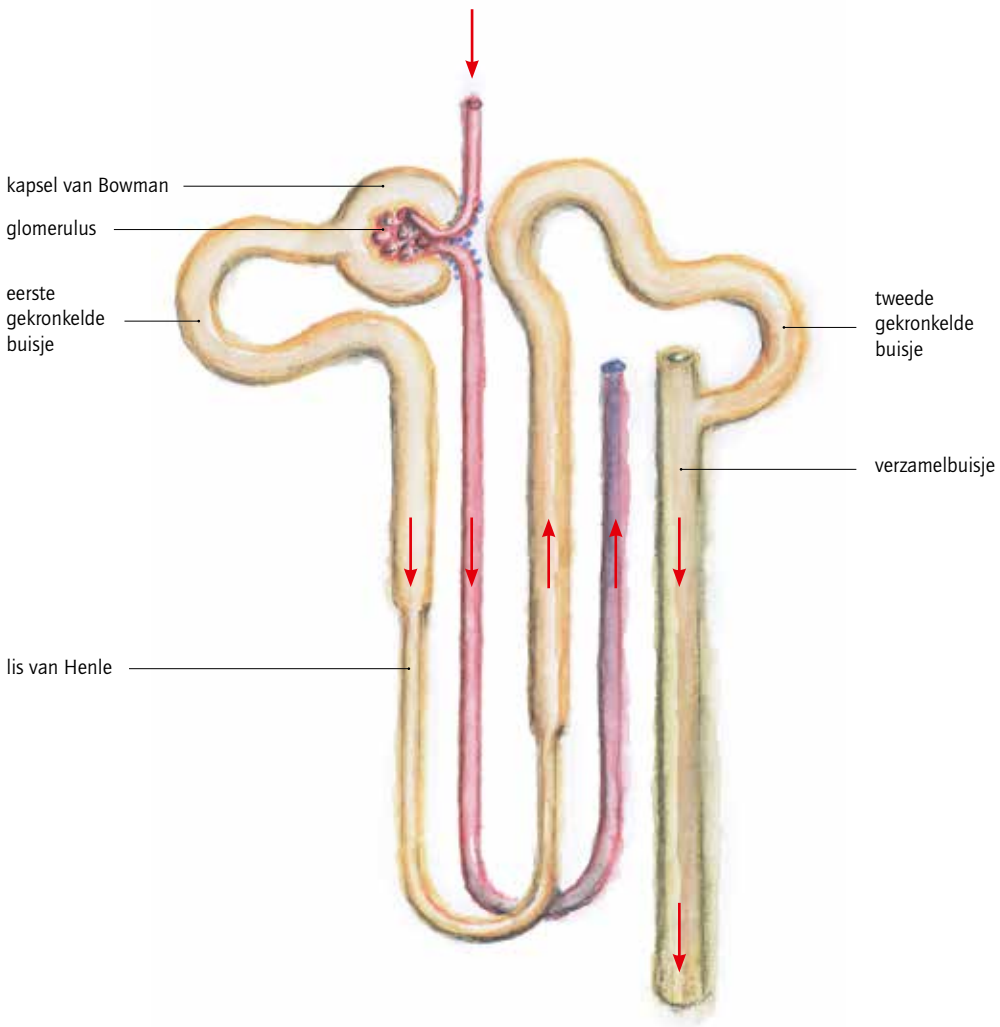


Tegenstroom-systeem

Moleculen kunnen meerdere keren ingezet worden. Dit is mogelijk doordat het afdalend en het opstijgend gedeelte van de lis van Henle én het verzamelbuisje naast elkaar liggen en in tegengestelde richting stromen. Hetzelfde geldt voor het afdalende en het opstijgende bloedvat (vasa recta) dat er tussen ligt. Hierdoor wordt de osmotische waarde van voorurine, bloed en omliggend weefsel (interstitium) heel effectief op concentratie gestuurd.

AFBEELDING 4.13

Tegenstroomsystemen van het niermerg



Concentratieverschillen in het niermerg

Het niermerg kent grote osmotische verschillen. De osmotische waarde verviervoudigt van het begin, vlakbij de nierschors, van 300 mOsm tot 1200 mOsm per liter in de merg-regioenen vlakbij het nierbekken. Dit hangt samen met de ondoorlaatbaarheid voor water van het opstijgende deel van de lis van Henle, terwijl natrium en kalium actief geresorbeerd worden. Nergens anders in het lichaam komt zo'n osmotische gradiënt voor.

Ontmoeting van uitgaande urinestroom en ingaande bloedstroom

Het opstijgende deel van de lis van Henle en het aanvoerende slagadertje ontmoeten elkaar bij het kapsel van Bowman. Daardoor kunnen de ingaande bloedstroom en de uitgaande urinestroom met elkaar worden vergeleken. Deze ontmoetingsplaats wordt het juxtaglomerulaire apparaat genoemd.

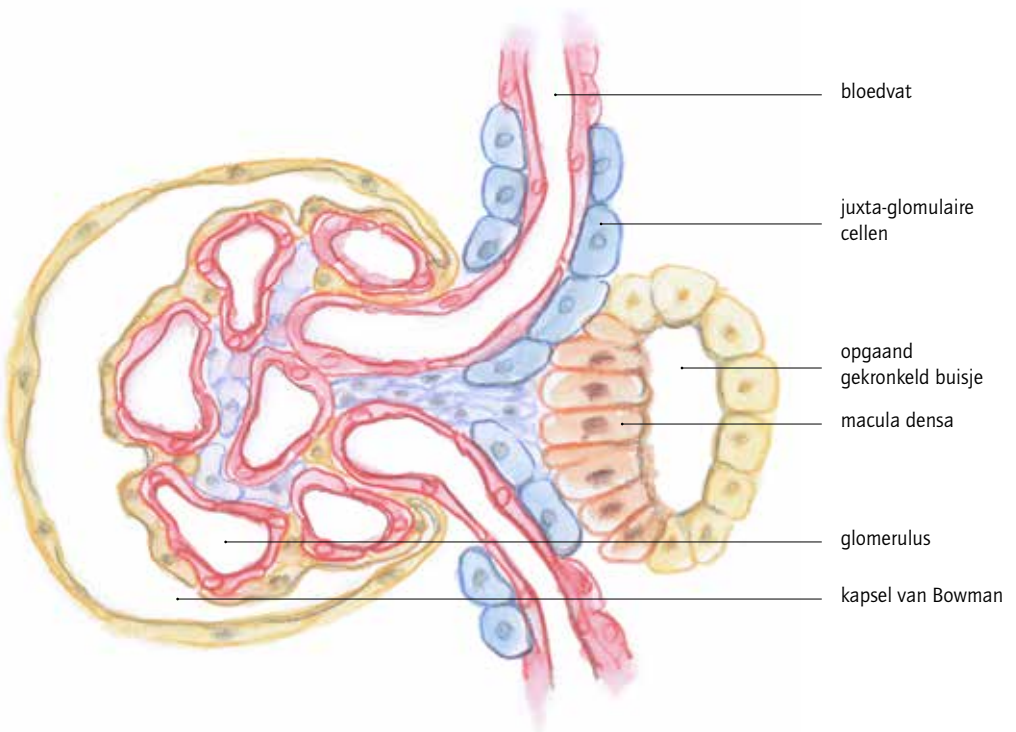
Actieve uitscheiding van specifieke stoffen

De actieve uitscheiding van gifstoffen, zoals drugs en medicijnen, vindt alleen plaats door uitscheidingspoorten in de gekronkelde buisjes.

Met de zeer gedifferentieerde vormeigenschappen van de buisjes en het omliggend weefsel is het mogelijk om uiteenlopende processen op de diverse plaatsen in de nieren te laten verlopen. Terugkoppelingssystemen zijn daarbij een aangrijpingspunt voor procescontrole.

AFBEELDING 4.14

Ontmoeting van uitgaande urinestroom en ingaande bloedstroom: juxtaglomerulaire cellen



Regulering

In de vorige paragraaf is het 'gereedschap' beschreven. Hier wordt beschreven hoe er 'bestuurd' wordt. De nieren beluisteren voortdurend de actuele bloedwaarden en reguleren deze al naar gelang de omstandigheden. Het basisregulatiesysteem, op grond van bloeddruk en osmotische waarde, dat je tegenkomt bij de eenvoudigste gewervelde dieren, is uitgegroeid bij complexe gewervelden en de mens tot een gedifferentieerd bouwwerk met hormonale controle met grote precisie.

Bijsturing op osmotische waarde door juxtaglomerulaire cellen

Het opgaande deel van de lis van Henle maakt door middel van de macula densa-cellen direct contact met de juxtaglomerulaire cellen, die op hun beurt weer contact maken met de cellen van het toe- en het afvoerende bloedvatje van de glomerulus. Het is nog niet helemaal opgehelderd hoe zij communiceren, maar zeker is wel dat hier binnen tien seconden effectieve bijsturing mogelijk is. Als bijvoorbeeld de osmotische waarde van het bloed te hoog is ten opzichte van de (halfweg-)urine, trekt het aanvoerende arteriool samen waardoor de stroomsnelheid in het nefron afneemt en er meer tijd is om water te resorberen: de osmotische waarde van het bloed wordt lager en de concentratie van de urine hoger.

Hormonale bijsturing van de bloeddruk

De hormonale bijsturing van de bloeddruk vindt onder andere plaats door de juxtaglomerulaire cellen. Deze kunnen bij lage bloeddruk het hormoon renine afscheiden. Dit leidt via een route langs meerdere organen (!) binnen een uur tot resultaat. Daarnaast zijn er nog vele andere hormonen van binnen en buiten de nier die regulerend ingrijpen op de stroomsnelheid van het bloed of op de doorlaatbaarheid van bepaalde delen van het nefron voor water, ureum, natrium- of waterstofionen.

Bijsturing van de zuurgraad door enzymaanmaak

De zuurgraad van het bloed wordt in eerste instantie gereguleerd door bloedbuffers, in tweede instantie door uitscheiding van kooldioxide in de longen. De nieren regelen de zuurgraad van het bloed in laatste instantie als de eerste twee mechanismen niet afdoende zijn. Eenmaal aan zet, zijn de nieren honderd procent effectief. Door de aanmaak van bepaalde enzymen komt een reactieketen op gang waarbij ammoniak (NH_3) ontstaat. Hieraan wordt het overschot aan waterstofionen gekoppeld en als ammonium (NH_4^+) uitgescheiden met de urine.

Bijsturing door het zenuwstelsel bij vrije val van de bloeddruk

In geval van ernstig bloedverlies en dreigende shock, kan het zenuwstelsel, dat zeer fijnmazig in de nier verspreid ligt, ingrijpen en de bloedvoorziening naar de nieren minimaliseren.

De processen in de nieren worden in hoge mate gecontroleerd. Heel anders dan bij de longen die alleen gelegenheid bieden voor passieve uitwisseling.

Celcontact, hormonen, enzymen en zenuwen kunnen de activiteit en de selectiviteit van de nier bijsturen. De enzymen komen van de nier zelf. De zenuwen komen van buitenaf. De hormonen deels van binnen, deels van buiten de nier.

Dynamiek van het resorptieproces

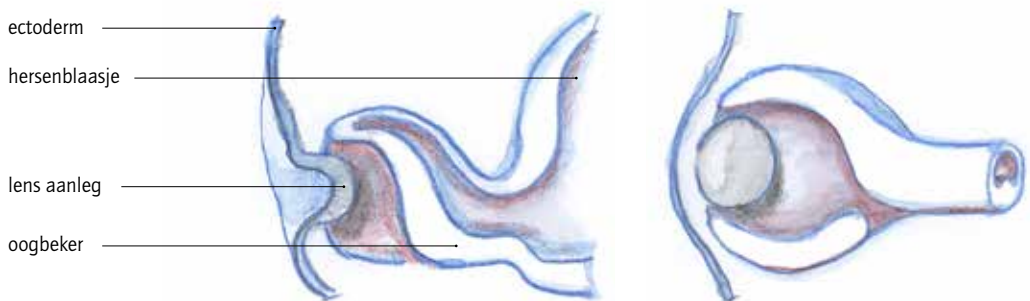
De bron

De glomerulus sproeit ongeveer twintig procent van het bloedserum in het kapsel van Bowman. De bouw hiervan doet denken aan die van het oog, met de beker die zich in de embryonale fase openstelt en tegemoet getreden wordt door de huid, die een lens vormt waardoor uiteindelijk het daglicht binnen kan stromen. Het doet ook denken aan een smaakpapil, waarin het te proeven sap binnenstroomt, of aan de termietenkoningin die aan haar voeding proeft hoe het met de kolonie gesteld is.

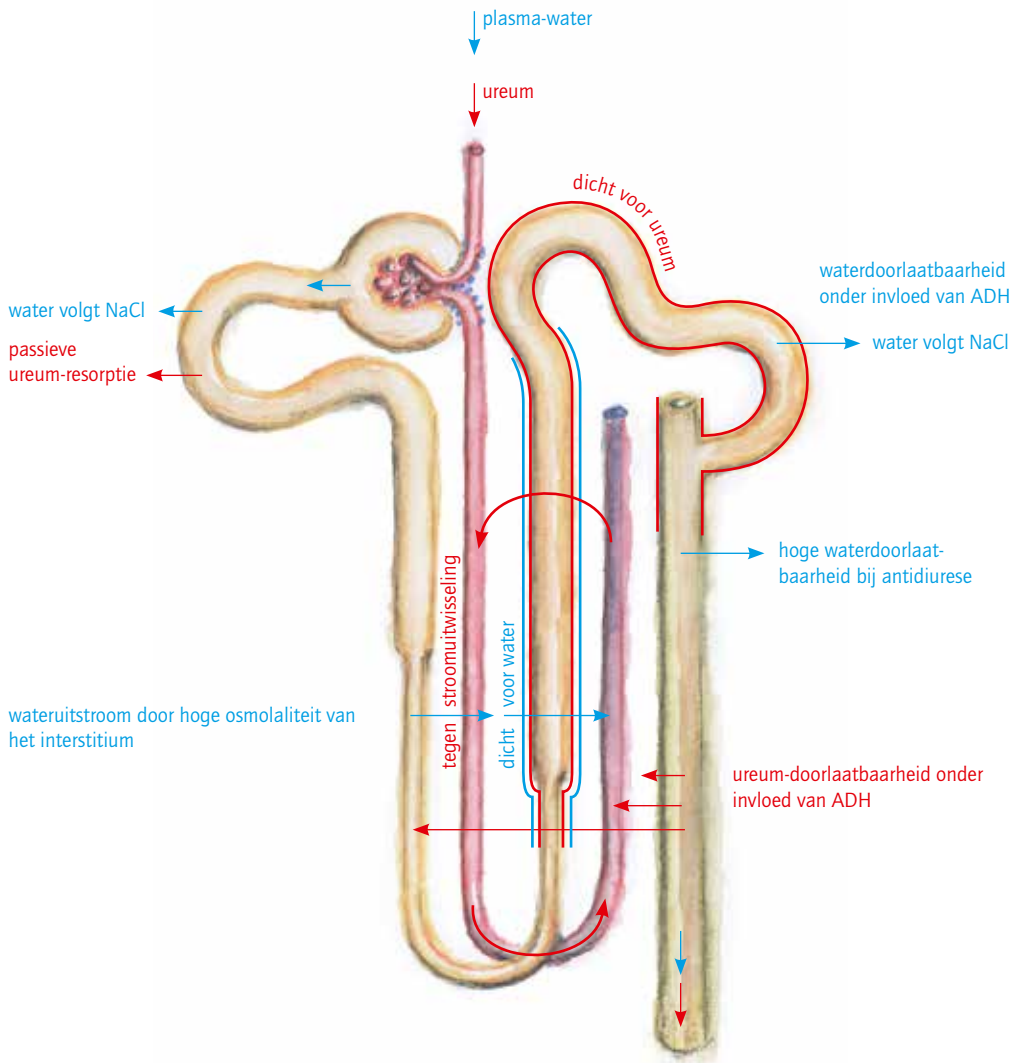
Hier, bij het eerste contact van de voorurine met het kapsel van Bowman, zie je zintuigkwaliteit: veel indruk, weinig inspanning. Bovendien vindt aan het eind van de lis van Henle een ontmoeting plaats met dit beginpunt (juxtaglomerulaire cellen). Het kapsel van Bowman vangt het filtraat op als een sensibel oog en proeft de smaak van het lichaam van dat moment. Tegelijk legt het zijn oor te luisteren bij het voorlopig urineresultaat.

AFBEELDING 4.15

Het ontstaan van het oog in de ontmoeting van een hersenblaasje met de huid



Uit- en inscheiding van water- en ureum in de nieren



De weg

In het eerste gekronkelde buisje en in de lis van Henle vindt negentig procent van het resorptiewerk plaats. Dat gebeurt heel efficiënt. Alles doet zijn werk volgens beschikbare waarden, krachten en concentraties in en om de buisjes en de daaromheen slingerende bloedvaatjes.

Je beleeft een zeer ritmisch uitwisselingsproces tussen bloedvaten en urinebuisjes. Stoffen gaan in en uit, en steeds opnieuw in en uit. Het buisje maakt zelf een diepe lus in een weefsel dat een sterke osmotische gradiënt vertoont.

De finale

Na deze tussentijdse meting bij de juxtaglomerulaire cellen, vindt in het tweede gekronkelde buisje en in het verzamelbuisje fijngepasteurde resorptie plaats met behulp van hormonale regulatie. In de verzamelbuisjes krijgt de urine zijn uiteindelijke gestalte en wordt definitief tot 'buitenwereld', die door krachtig samentrekken van het nierbekken en de ureterbuis wordt uitgescheiden.

In de ontmoeting tussen bloed en urinewegen kun je drie kwaliteiten herkennen: het passieve waarnemende deel rond het kapsel van Bowman, het ritmische uitwisselingsdeel bij de lis van Henle, en in de fijngepasteurde bewerking in het tweede gekronkelde buisje en in het verzamelbuisje. Daar wordt ten slotte de urine tot buitenwereld en actief uit het lichaam bevrijd.

Bloedvoorziening van de nieren

De nierslagaders, afkomstig van de aorta, voorzien de nier van zuurstofrijk bloed. De nieren verwerken 1100 ml bloed per minuut. Dat is 22 procent van de bloedstroom, terwijl het gewicht van de nieren slechts 0,4 procent van het totale lichaamsgewicht is. Er stroomt dus vijftig keer meer bloed door de nieren dan gemiddeld door het lichaam. Het zuurstofverbruik is navenant hoog. Alleen de lever overtreft de nier in zijn bloedvoorziening.

De bloedstroom van de nier is normaal gesproken constant, ondanks de slagaderlijke drukwisseling tussen 90 en 180 mm kwikdruk. Dit is voornamelijk het gevolg van de autoregulatie. Verschillende hormonale stoffen, afkomstig van de nier zelf, deels ook afkomstig uit andere delen van het lichaam, beïnvloeden de stroomsnelheid van het bloed in de nier.

De bloedvaten in de nieren hebben een rijke innervatie van uitlopers van het autonoom zenuwstelsel.

De nieren hebben, na de lever, de grootste bloedtoevoer van het lichaam. In tegenstelling tot long en lever, is de bloedtoevoer naar de nieren uitsluitend zuurstofrijk. De bloedstroomsnelheid wordt gereguleerd door zowel autoregulatie, als door invloeden van buiten de nier: hormonaal en neuraal.

Typering

Urogenitaal stelsel

Nieren, bijnieren en geslachtsklieren hebben een gemeenschappelijke embryonale oorsprong, de urogenitale plooi. Zij ontwikkelen zich buiten het buikvlies. Elk van de drie organen stelt zich vervolgens open voor een verschillend embryonaal kiemblad en sluit daarvan weefsel in.

De urogenitale organen hebben een duidelijke eigen vorm, de gastrula- of insluitende vorm. Hun gedifferentieerde inwendige structuur (schors en merg) en hun gepaarde symmetrie is vergelijkbaar met de structuur van de hersenen. Bij de nieren wordt dat inzichtelijk door de embryonale afkomst uit het kopgebied.

Nieren

De nieren verzorgen de minerale concentraties in de lichaamssappen en voorkomen daarmee te sterke verharding. Ook het volume van de lichaamssappen en daarmee de bloeddruk, wordt door de nieren gereguleerd. De nieren hebben een doorslaggevende rol bij de regulatie van de zuurgraad.

Glomerulaire filtratie is een passief proces. De activiteit van de nier komt pas na de filtratie op gang. De nieren zijn dus hoofdzakelijk een inscheidingsorgaan. De actieve resorptie in de kanaaltjes wordt met name gecentreerd rond natriumionen en ureum.

De door-en-door gedifferentieerde bouw van de nefronen maakt krachtige specifieke resorptie mogelijk. Voorbeelden hiervan zijn: selectieve filtering, selectieve actieve en passieve resorptiepoorten naast selectieve ondoorlaatbaarheid, tegenstroomkanalen en grote osmotische verschillen in het merg. Doordat de lis van Henle terugkeert naar het kapsel van Bowman wordt terugkoppeling en fijnsturing op nefron-niveau mogelijk.

De nieren hebben een zeer hoge reguleringsgraad dankzij een breed scala aan mechanismen om alle nieractiviteiten te sturen: cel-celoverdracht, verschillende hormonen, enzymen en zenuwen. Dit in combinatie met allerlei signaleringsplaatsen binnen en buiten de nieren.

De bloedvoorziening van de nieren is overvloedig en geheel verzadigd met zuurstof. De resorptie-activiteit in de nefronen vraagt veel zuurstof. De nieren lijken in hun manier van doen het meest verbonden met het element lucht.

Het element lucht staat voor differentiatie. Dit zie je terug in de manier van doen van de nieren. Ze scheiden af, scheiden in, scheiden elders weer uit en resorberen het weer opnieuw. Er wordt kunstig gejongleerd met talloze stoffen, ieder met eigen routes. Daar waar je de stof als 'gevallen' beschouwt, wordt deze vaak toch weer opgepakt en in de roulatie meegenomen. De dynamiek draait om verdichten en verdunnen in een omgeving met sterk uiteenlopende concentraties. Hoge naast lage osmotische druk. Met velerlei soorten stromingen tot gevolg.

In de atmosfeer gaat het om eenzelfde dynamiek: druk- en concentratieverschillen met een bijbehorende stromingsdynamiek.

Hormonale regeling van de nieren

Enkele bijzonderheden

De hormonale invloed is vooral van belang voor de fijne afregeling in het laatste deel van het nefron, vanaf het tweede gekronkelde buisje. De hormonale regelingen rond de nieren is zeer omvangrijk. Er spelen vele hormonen mee. Dit onderstreept het door-en-door gestuurde karakter van de processen in de nier. Hieronder een selectie uit de vele hormonen, de naam en een korte beschrijving van de werking. Eén hormoon, renine, krijgt wat meer aandacht, omdat dit wel een heel bijzondere route volgt langs vrijwel alle organen en van groot belang is voor de bloeddrukregeling.

Bloeddrukverhoging hangt samen met aandachtsverhoging, met nadrukkelijk aanwezig zijn.

Een bijzonder krachtig mechanisme is het RAAS-systeem, het renine-angiotensine-aldosteron-systeem. Een terugval in bloeddruk veroorzaakt een vrijkomen van renine uit de juxtaglomerulaire cellen. Renine is een enzym dat inwerkt op een door de lever geproduceerde substraat, angiotensinogeen, en splitst daarvan het decapeptide angiotensine I af.

In de longcapillairen, wordt angiotensine I omgezet tot de octapeptide angiotensine II door het enzym ACE dat daar aanwezig is.

Angiotensine II werkt in op de tweede gekronkelde buisjes, stimuleert de resorptie van zout en water, en heeft bovendien een vaatvernauwende werking op de arteriolen. Beide mechanismen hebben een bloeddrukverhogende werking tot de normale waarde. Logischerwijs zal opname van meer zout in het voedsel een verlagende werking hebben op de renine-afscheiding en daardoor van angiotensine II, wat de reabsorptie van zout en water verlaagt met een bijbehorende stijging van de uitscheiding van zouten met de urine.

Uit het gegeven van deze omslachtige route (nieren, lever, longen, nieren) kan maar één conclusie getrokken worden: het gaat hier om een ingrijpend, lichaamsomvattend proces dat alleen in samenhang gestuurd kan worden.

Aldosteron wordt, gestimuleerd door angiotensine II, geproduceerd door de glomerulus. Het versterkt de natriumchloride-resorptie en verhoogt de bloeddruk.

Atrial natriuretisch (natriumresorberend) peptide wordt geproduceerd door de hartboezems bij hoge bloeddruk door uitrekking van de hartwand. Het stimuleert de uitscheiding van natriumchloride en water door de nieren. Het effect is tegengesteld aan dat van angiotensine II en aldosteron.

Antidiuretisch hormoon wordt geproduceerd door de hypofyse. Het vermindert de uitscheiding van water door de nier en speelt voornamelijk een rol bij de tweede gekronkelde buisjes en de verzamelbuisjes.

Zuurbase-evenwicht door enzymatische regeling

De nier speelt een belangrijke rol in het bewaren van het zuurbase-evenwicht in het extracellulaire vocht. Deze balans wordt behouden met de hulp van een omvangrijk buffersysteem. De meest belangrijke buffer is het $\text{CO}_2/\text{HCO}_3^-$ -systeem.

Plasmabuffersystemen reageren onmiddellijk, bijvoorbeeld op een verlaagde zuurgraad, maar zijn niet in staat zich te ontdoen van een overschot aan waterstof-ionen. De longen kunnen kooldioxide uitscheiden om de zuurgraad weer te normaliseren. De ademhalings-respons is net wat trager dan de directe respons van de buffersystemen en alleen gedeeltelijk, want het kan de zuurgraad niet terugbrengen tot normaal wanneer de oorzaak van de zuurbalans buiten het ademhalingsgebied ligt. De effectiviteit is vijftig tot zeventig procent.

De nieren reageren het traagst, na dagen, maar zij zijn honderd procent effectief. Zij zijn daarmee de meest krachtige regulator van de zuurgraad van het bloed in chronische zuurbalans. Dit gebeurt met behulp van twee enzymreacties.

1. Bij een hoge kooldioxide-concentratie maken de nieren het enzym carboxylanhydrase aan. Dit katalyseert de volgende reactie: $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$.
2. De groei van plasma- H^+ stimuleert de nier in de aanmaak van het enzym glutaminase. Dit enzym splitst het aminozuur glutamine in glutamaat en NH_3 . Aan deze laatste wordt H^+ gekoppeld en verlaat als NH_4^+ de urine; het ammoniabuffersysteem. Met deze uitscheiding van het H^+ -ion naar de urine blijft dus een HCO_3^- -ion achter (reactie 1) en vergroot daarmee de buffercapaciteit van het bloed. Dit is de belangrijkste route om zuur uit te scheiden.

De zuurgraad van het bloed wordt in eerste instantie geregeld door bloedbuffers en uitscheiding van kooldioxide door de longen. De zuurgraad van het bloed wordt uiteindelijk behouden door de activiteit van de nieren. De regulatie van de zuurgraad van het bloed is sterk afhankelijk van de productie van ammonia.

De uitwendige en de inwendige geslachtsorganen ontwikkelen zich de eerste zes weken bij mannen en vrouwen gelijk.

Bij vrouwen blijft het uitwendig geslachtorgaan erg teruggehouden, terwijl die bij mannen sterk uitgroeit. De kleine schaamlippen hebben dezelfde oorsprong als de penis. Bij vrouwen wordt de embryonale geslachtsknobbel door de kleine schaamlippen omsloten tot clitoris. Bij mannen groeit die met de penis mee naar buiten als eikel. De balzak heeft dezelfde oorsprong als de grote schaamlippen.

De geslachtsklieren liggen aanvankelijk middenin de buikholte. Opmerkelijk genoeg bevinden zich eerst nog geen geslachtscellen in de geslachtsklieren. In het morulastadium, op de derde dag, zijn de geslachtscellen als oergeslachtscellen afgezonderd en migreren vanaf de vijfde week door middel van amoëboïde bewegingen naar de geslachtsklieren wanneer deze voldoende ontwikkeld zijn. De geslachtsklieren, met de opgenomen geslachtscellen, ontwikkelen zich vanaf de zevende week bij mannen en vrouwen verschillend.

Bij vrouwen ontwikkelen de geslachtsklieren zich tot de eierstokken. De geslachtscellen nestelen zich op de buitenkant. De gang van Müller vormt de verbinding tussen eierstok en baarmoeder. Zo ontstaat de eileider met het typisch ontvangende gebaar om de eierstokken. Bij mannen degenerereert de gang van Müller vrijwel geheel onder invloed van het anti-Müllerhormoon.

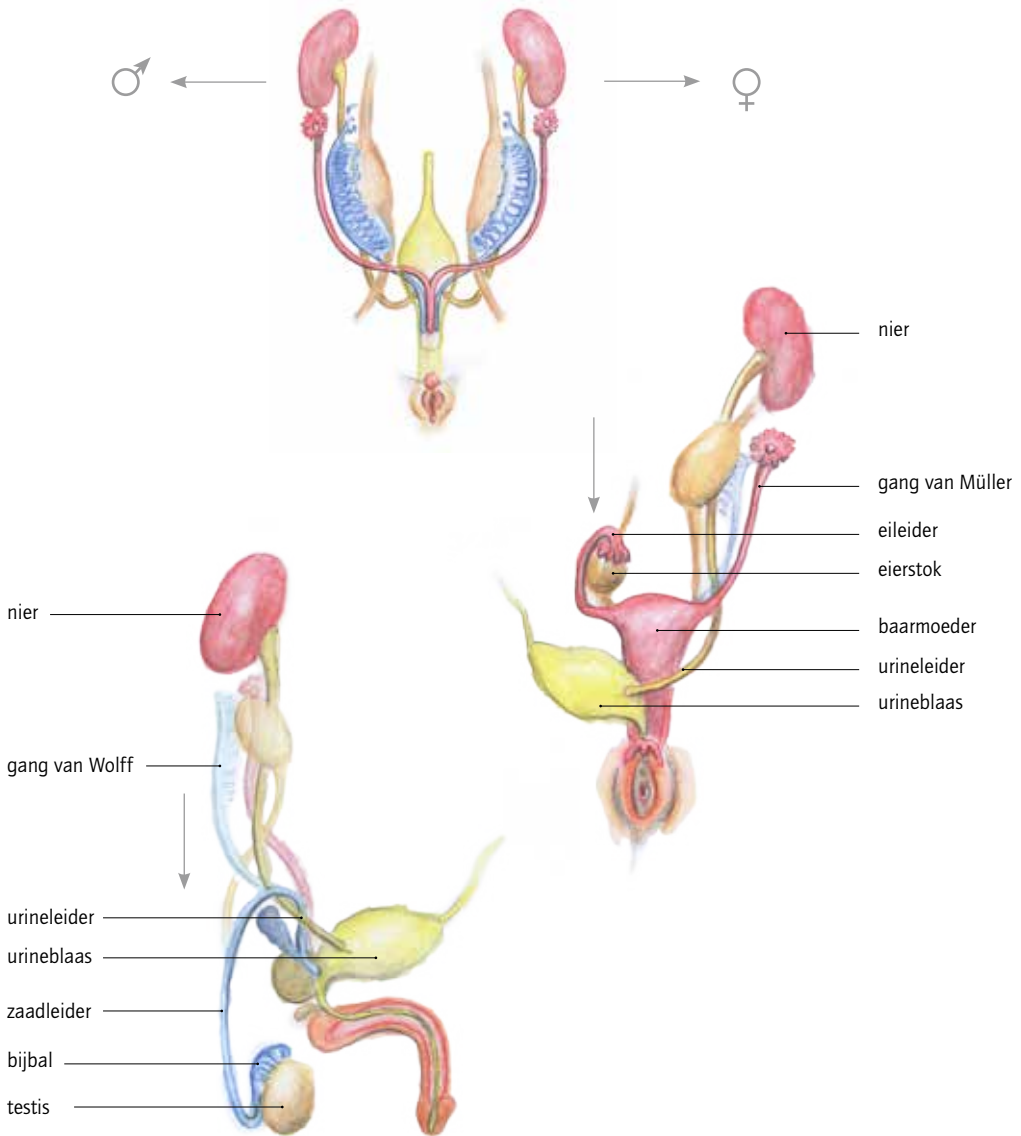
Bij mannen ontwikkelen de geslachtsklieren zich tot de testes. In eerste instantie liggen de gemigreerde geslachtscellen in het oppervlak-epitheel. Vanuit dit oppervlak groeien kanaaltjes naar binnen. De mannelijke geslachtscellen kunnen daarlangs hun weg vinden. De geslachtscellen specialiseren zich en verliezen daarmee vitaliteit. De meegereisde cellen van het epitheel verzorgen en voeden hen.

De oernier (mesonefros) met de gang van Wolff kromt zich om de testis en wordt tot bijbal en zaadleider. De zaadleider versmelt verderop met de urineleider waarmee voor de zaadcellen de weg naar buiten geopend is. Ook de testes zoeken hun weg naar buiten, in de balzak. Dit gebeurt voor de geboorte. Ingedaalde testes zijn een kenmerk van geboorterijpheid.

De gang van Wolff degenerereert bij vrouwen.

AFBEELDING 4.17

De twee genitale buizen verbinden de geslachtsklieren met de buitenwereld. De gang van Müller wordt bij het vrouwelijk geslachtsorgaan eileider en baarmoeder, de gang van Wolff wordt bij het mannelijk geslachtsorgaan bijbal en zaadleider



Bol- en lijnprincipe

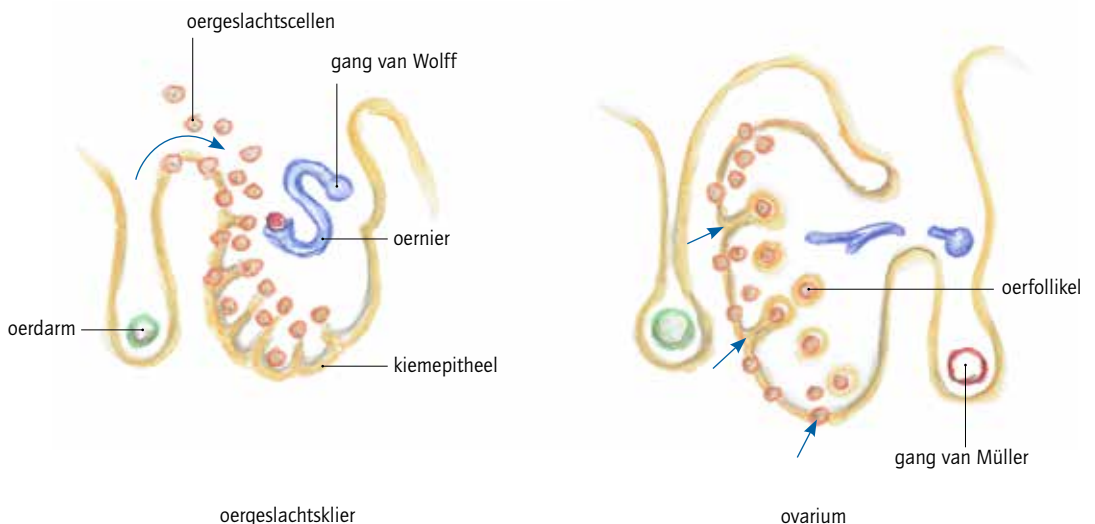
Bij de vrouw zie je in de ontwikkeling van de geslachtsklieren een sferisch of bol- principe, bij de man een radiaal of lijn- principe, De eileider maakt een omhullend gebaar naar de eierstok en de route naar de baarmoeder is kort. De baarmoeder wordt een hol orgaan en het slijmvlies zal in perioden als kiembled ontvangsbereid zijn. Hier wordt een 'vrijruimte' gemaakt voor een nieuw lichaam om zich in 280 dagen, tien maanden, te ontwikkelen tot aards wezen. Er wordt ruimte gemaakt, niet voor het organisme zelf maar voor de hele soort, voor de mensheid, voor de toekomst.

De erectie, die door de zwellichamen van de penis mogelijk is, toont een duidelijk lijnprincipe. Dit wordt bevestigd door zijn ledemaatachtige daadkracht karakter als spermadonateur: 35-200 miljoen zaadcellen per zaaduitstorting. Het indalen van de testes is noodzakelijk bij de mens. Wanneer het niet gebeurt kan het leiden tot ernstig woekerende tumoren. De vermenigvuldigingsdrift gaat dan de verkeerde kant op. Bij sommige dieren dalen de testes alleen in in de bronstijd.

Bij minder sterke differentiëring kunnen verschillende varianten van vrouwelijke en mannelijke geslachtsorganen, intersekse, ontstaan.

AFBEELDING 4.18

Vrouwelijke geslachtscellen nestelen zich op de buitenkant van de eierstok, mannelijke geslachtscellen groeien vanaf het oppervlak van de testis straalsgewijs naar binnen



Darmen en nieren

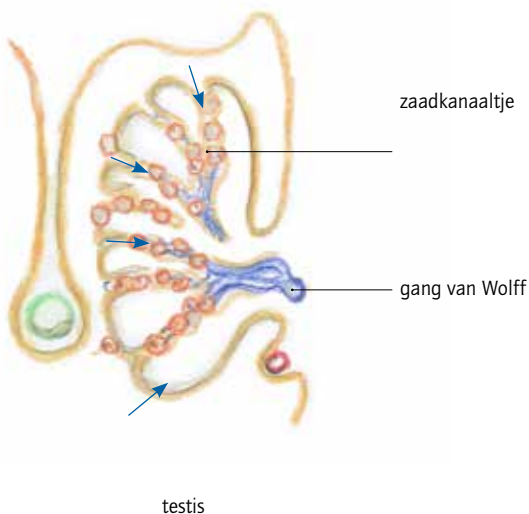
Bij de darmen en lever staan processen op de voorgrond waarbij je je gestalte geeft, incarneert in de ruimte, vanuit het vloeibare tot het halfvloeibare (spier) en tot het vaste (bot). Bij de nieren is dat omgekeerd. Die scheiden vaste stof uit het lichaam, zoals ureum (kristallen). Ze verlevendigen daardoor het vloeibare. Uitscheiding is excarnatie. Daarbij komen krachten vrij voor iets nieuws. De grootste uitscheiding is de dood, de uitscheiding van het gehele lichaam. Tijdens het leven spelen subtielere vormen van uitscheiding een rol voor ons bewustzijn en levensgevoel. Lever en darmen werken centripetaal: opname en omzetting van onsamenhangende periferie tot de vaste lichaamsgestalte. De nieren werken centrifugaal: uitscheiding van dreigende verstarring ten gunste van het levende.

Geslachtorganen en nieren

Bij veel diersoorten is het uitscheidings- en voorplantingskanaal gecombineerd, vandaar urogenitaal kanaal. Bij de nieren dient de uitscheiding het in stand houden van het levende individu. De uitscheiding van de geslachtscellen dient het in stand houden van de soort. De nieren scheiden uit en behoeden het leven daarmee voor verstarring (dood). De geslachtsorganen scheiden uit en scheppen nieuwe levenskansen.

Immuunsysteem en nieren

Het immuunsysteem behoedt de lichaamseigenheid ten opzichte van de vreemde buitenwereld. De nieren zorgen voor de optimale ionenverhouding van de extracellulaire ruimte (bloed en weefselvocht) en faciliteert daarmee de interne processen. Het immuunsysteem kijkt naar buiten, de nieren kijken naar binnen. Milt en nieren behoeden het interne klimaat. De milt maakt de binnenwereld vrij van het vreemde, de nieren houden de binnenwereld in de juiste eigen-balans.



In de antroposofie wordt de nierwerking in verband gebracht met het vermogen tot bezielen. De nieren zijn het 'inscheidingsorgaan' dat uit de voorurine in het lichaam terug-resorbeert wat het lichaam nodig heeft om gezond te functioneren als 'bezield lichaam'.

In de evolutie zie je dat bijnieren, nieren en geslachtsklieren zich verder differentiëren tot zelfstandige organen, naarmate dieren meer uitingen vertonen van bezield-zijn, zoals perceptie, aanpassing en gedrag.

Het bezield-zijn hangt samen met de driegelede functionaliteit van een organisme:

- functies gebonden aan het zenuwstelsel, zoals waarnemen
- functies gebonden aan circulatie en ademen, zoals aanpassen
- functies gebonden aan stofwisseling, zoals bewegen, driftmatig handelen

Bij nadere beschouwing van de nierfuncties blijkt het niersysteem een centrale rol in te nemen in deze driegeleding van bezielde wezens:

- Regulatie van de zuurgraad betreft de balans en de verhouding tussen etherlichaam (alkalisch milieu) en het astraallichaam (zuur milieu). De nieren reguleren daarmee de 'bezieling' van het organisme.
- Als endocrien orgaan leveren de nieren een bijdrage aan het bewustzijn door de bloeddrukregulering (renine) en de productie van rode bloedcellen (erythropoetine ook wel EPO genoemd). Bij extreme bloedarmoede of het wegvallen van de bloeddruk raak je bewusteloos.
- Via de bijnieren (adrenaline) zijn de nieren verbonden met het autonoom zenuwstelsel. Dat is het zenuwstelsel dat het lichaam in staat stelt tot activiteiten die alleen bezielde organismen kunnen verrichten.
- Natrium is het essentiële zout van 'de' nierfunctie. Natrium is ook het zout dat noodzakelijk is voor een juiste werking van de zenuwcel bij een actiepotentiaal.
- Dat water een passieve rol speelt in de nierfysiologie duidt erop dat het etherlichaam (water) in de nieren geheel 'bestuurd' wordt door het astraallichaam (natrium).

Een lichaamsomvattend stelsel

Als je het hart- en bloedvatstelsel beschouwt, valt op dat het hier gaat om een lichaamsomvattend stelsel. Waren de vorige orgaanstelsels gebonden aan een specifiek gebied, het bloed is betrokken bij alle weefsels en organen in alle uithoeken van het lichaam. Het lichaam handhaaft zich als een levend geheel dankzij de bloedsomloop. Plaatselijk vertraagde bloedcirculatie leidt snel tot afkoeling en functievermindering, zoals passiviteit of gevoelloosheid, bij gehele stagnatie van de circulatie zal het betrokken weefsel sterven.

Wanneer je van iets zegt dat het 'goed doorbloed' is, dan bedoel je dat er een samenhangende levende heelheid is, dat er warme betrokkenheid is, dat er een veilig binnenklimaat heerst, dat het bezielde is. Wat hier figuurlijk wordt bedoeld geldt letterlijk voor de lichamelijke doorbloeding.

Het bloed verzorgt en bewaakt je lichamelijke ruimte. Zo kan het lichaam een instrument van de wil zijn, een autonoom en uit de wereld geëmancipeerd warmbloedig, stromend orgaan.

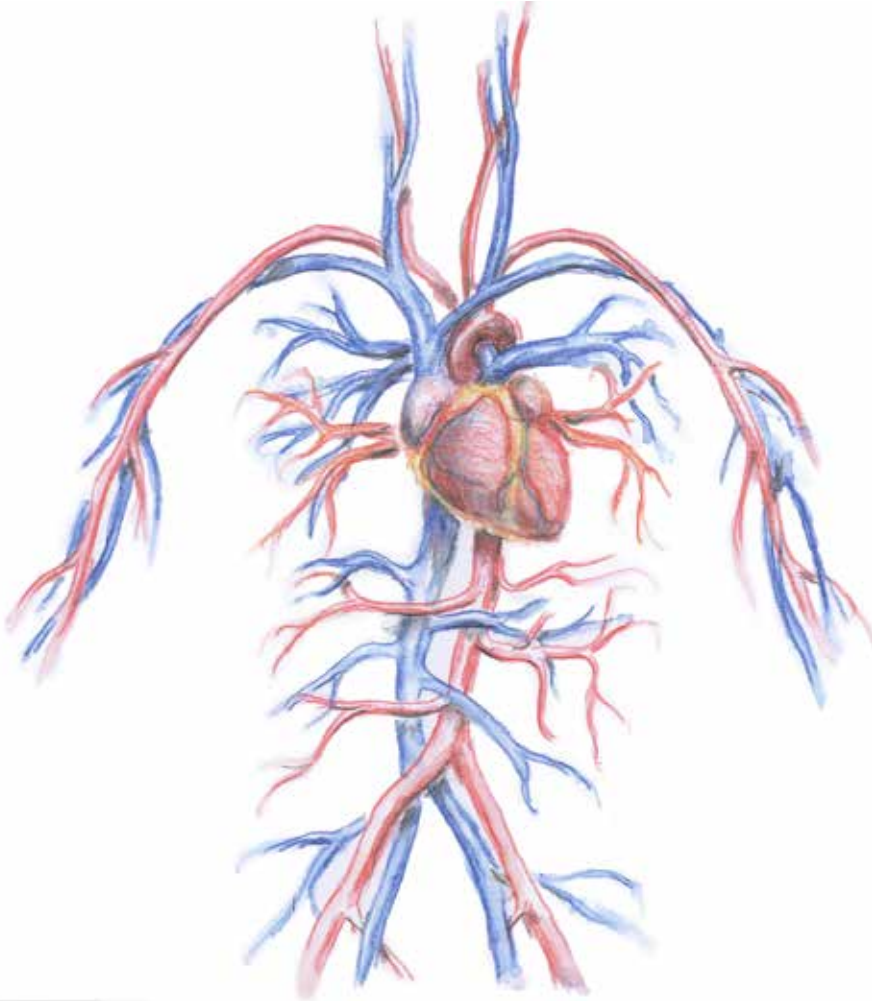
Typische kwaliteiten van het middengebied zijn uitwisseling en regeneratie. Zij komen bij de bloedsomloop tot een hoogtepunt. Het bloed voedt de weefsels en de overschotten (producten en afvalstoffen) worden in dezelfde beweging door het bloed weggevoerd. Alle orgaanstelsels worden door het bloed bezocht en daarbij krijgt ieder het zijne en draagt ieder het zijne bij. De longen, de nieren, de darmen, de lever, de hormoonklieren, de spieren, de zenuwen, de huid, al deze organen worden door het bloed verbonden. Het bloed verzorgt, wisselt uit, regeneert, vitaliseert. Het bloedvatstelsel behoort tot het middengebied van het lichaam. Daarnaast heeft het bloed nog een heel ander vermogen dat door de witte bloedcellen gestalte krijgt. Hier gaat het om het opzoeken, herkennen en afbreken van bedreigingen van het lichaam.

Indringers zoals bacteriën en virussen, en ook ontsprende eigen lichaamscellen zoals beginnend tumorweefsel. Deze externe en interne vreemdelingen worden voortdurend opgeruimd. Hierdoor behoud je een schone, eigen binnenruimte.

Het geheel overziend kun je zeggen dat alle cellen van het

AFBEELDING 5.1

Het bloedvatstelsel met in het centrum het hart en daaromheen uitwaaiierende bloedvaten



lichaam omspoeld worden door weefselvocht afkomstig uit het bloed. Andersom kun je ook zeggen dat alle cellen in één groot waterlichaam drijven, een dynamisch voedend waterlichaam, onze binnenruimte, het 'interne milieu'. De verzorging hiervan vindt plaats door het bloed: het bloed als bemiddelaar tussen alle orgaanstelsels, het bloed als bemiddelaar van binnen en buiten, tussen lucht en voeding enerzijds en interne weefsels anderzijds, en het bloed als behoeder van de eigenheid binnen die ruimte, door de witte bloedcellen.

Een andere kwaliteit van het middengebied hangt samen met 'de manier waarop': ritmisch. Dat is te zien aan de bouw van de

borstholte en aan het in- en uitademen bij de longen. Voor het hart- en bloedvatstelsel, dat ook zijn zetel heeft in de borstholte, verloopt vrijwel alles in ritmische processen. Het is vleesgeworden ritme: het onvermoeibare spannen en ontspannen, de ritmische bloedstuwung door de slagaders, de weg naar de weefsels en weer terug naar het hart.

Driegeleding

Het hart, als middelpunt van de bloedsomloop, bevindt zich in de borstholte, het middengebied van de mens. Het hart ligt daar in het centrum, rustend op het middenrif met de bloedvaten uitwaaiërend naar alle delen van het lichaam. In de periferie vind je de haarvaten, waar bloedserum uit de bloedbaan vloeit en deel wordt van de weefsels. De verbinding tussen het hart enerzijds en de haarvaten en weefsels anderzijds wordt gevormd door slagaders, aders en lymfevaten.

In het bloedvatstelsel kun je een driegelede structuur onderscheiden:

Kopgebied

Voor het kopgebied zoek je naar gesloten holle symmetrische vormen, zintuigactiviteit en differentiatie. Die vind je in het hart. Gesloten holle, tamelijk symmetrische vormen komen het duidelijkst tot uiting in het hart.

Hier bevinden zich ook zintuigen die bloeddruk, zuurgraad, weefselrekking en zuurstofgehalte controleren. Je hebt weinig bewustzijn van doorbloedingsprocessen. De werking van de hartspier neem je wel af en toe waar, vooral na hevige inspanning en bij heftige emotie.

Differentiatie zie je in de onderverdeling in boezems en kamers: in- en uitgaand bloed, zuurstofarm en zuurstofrijk bloed.

Middengebied

Voor het middengebied zoek je naar verbinding, uitwisseling, regeneratie en ritme. Die vind je zowel in de bloedvaten, in het bloed zelf, als in het weefselvocht. Zij brengen het nodige en halen het overtollige. Zij zijn het medium. Het weefselvocht als meest vloeibare deel van het bloed komt bij elke individuele cel. Wat betreft de omvang hiervan, moet je je hierbij het gehele 'waterlichaam' voorstellen: je kunt het lichaam zien als één grote vloeistofmassa waarin de cellen drijven en waarbinnen skelet en spieren vorm geven en oprichting mogelijk maken. Binnen dit waterlichaam bevinden zich het rode bloedcircuit en het lymfestelsel als de vormgevers van fijnzinnige stroming binnen het vloeistoflichaam. Dit alles vindt plaats in een uiterst ritmische cadans tot in de kleinste bewegingen toe in de haarvatnetwerken.

Wilsgebied

In het wilsgebied vindt de ontmoeting met de buitenwereld plaats. Deze kwaliteit wordt vertegenwoordigd door de witte bloedcellen. Omdat buitenwereld per definitie ongewenst is in de lichamelijke binnenruimte, is het van groot belang dat deze herkend en opgeruimd wordt. Dat is het werk van de witte bloedcellen. Zij binden de strijd aan met al het onbekende en ongewenste in het lichaam. Zij hoeden je lichaam als binnenruimte. Deze specifieke afweer is bij aidspatiënten ondermijnd. In het zwak bewaakte lichaam kunnen allerlei vreemde invloeden gemakkelijk vaste voet krijgen. Een mens bij wie ook de niet-specifieke afweercellen het laten afweten kan zich niet handhaven.

Het hart is het meest kopachtige deel van het bloedvatstelsel. Dat zie je aan de vorm, de differentiatie, de zintuiglijkheid, en het gewaarworden van het hart zelf. Bloedvaten, bloed en weefselvloeistof vormen het midden van het midden (bloedvatstelsel) van het midden (borstgebied). Zij staan voor uitwisseling en regeneratie in een ritmisch georganiseerd proces. De witte bloedcellen gaan de verbinding met de buitenwereld aan. Zij vormen het wilsgebied van het bloed. Zij maken de binnenruimte vrij.

Embryonale ontwikkeling

Ongeveer in het midden van de derde week beginnen cellen in het meso (mesenchym) op de buitenkant van de dooierzak, die nog deels uitwendig is, bloedceltrosjes te vormen, de zogeheten 'bloedeilandjes', clusters van hem-angioblasten. Op dezelfde manier groeien mesenchymale bloedceltrosjes tegen het endodermale oerdarmvlies (de naar binnen gestulpte dooierzak). Binnen deze celtrosjes ontstaan naar buiten toe endotheelcellen die een holte vormen en ontstaan naar binnen toe primitieve bloedcellen. Zo differentiëren zich de bloedeilandjes. Deze eilandjes fuseren met elkaar doordat de endotheelcellen naar elkaar zwermen en op die manier primitieve bloedvaten vormen met daarin vrij stromende primitieve bloedcellen.

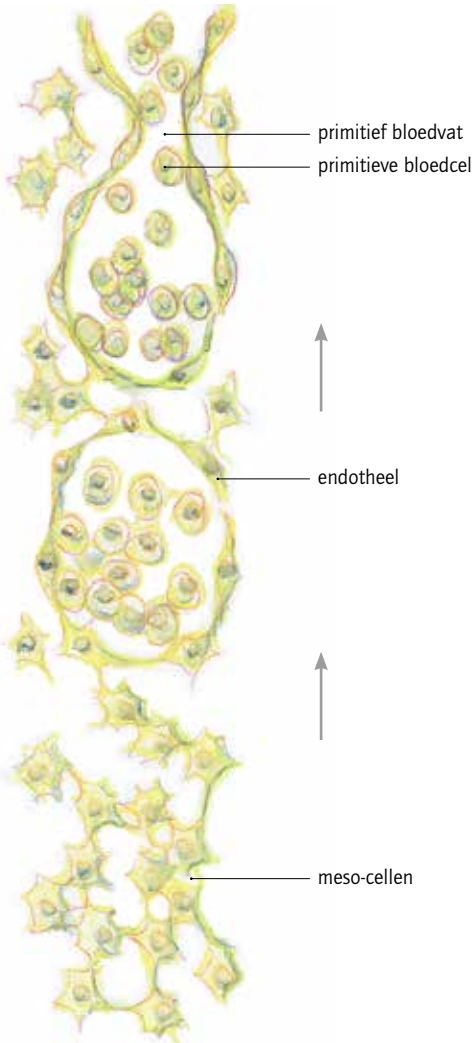
De bloedstroom in de haarvaten verloopt ritmisch al voor het hart werkt. Het ritme verloopt traag, af en aan, elke paar seconden of minuten. Het wordt veroorzaakt door samentrekking en ontspanning van de primitieve haarvaten: vasomotoriek.

De bloedvaten ontstaan in het hele lichaam. Het bloed- en bloedvatvormend weefsel wordt opgenomen in de zich ontwikkelende organen. Alle weefsels krijgen een netwerk van bloedvaten, passend bij het specifieke orgaan: de haarvaten die spieren, darmvlokken en huid doorweven, de wijde sinusoiden in de lever, de kluwens van haarvaten (glomeruli) in de nierschors, en de ragfijne haarvatwebjes om de longblaasjes.

AFBEELDING 5.2
Bloedeilandjes aan de
buitenkant van de dooierzak



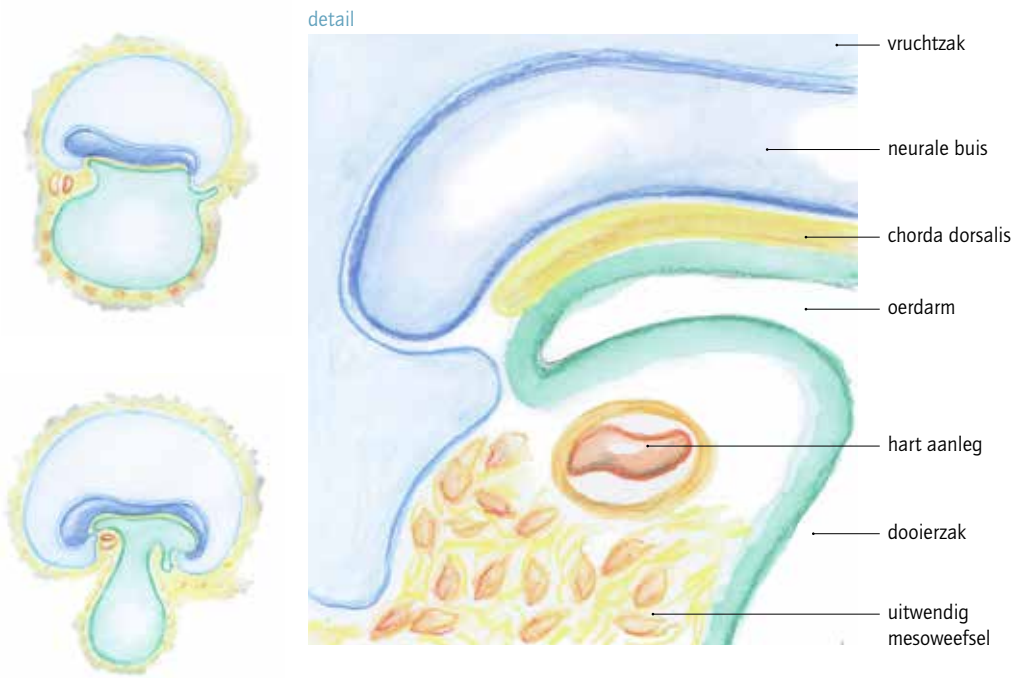
AFBEELDING 5.3
Het ontstaan van bloed
en bloedvaten uit
hem-angioblasten



En steeds geldt: tijdens de verbouwing blijft de winkel open. Veel organen hoeven weliswaar nog niet gelijk honderd procent aan het werk, zij zullen in de loop van de embryonale ontwikkeling meer en meer in actie komen.

Ook het hart ontstaat uit dergelijke bloedeilandjes aan de 'kopzijde' van het embryo. Er is op dat moment nog geen sprake van een echte kop, omdat het embryo nog een tweedimensionale kiemschijf is. Snel na de vorming van de hartbuis groeien de vruchtzak en de hersenblaasjes over het hart heen en ontstaat het driedimensionaal embryo met een kop en een stuit. Tijdens dat proces komt de hartbuis in het ernaast gelegen hartzakje terecht. Embryologisch gezien werken het hart en de bloedsomloop eerder dan het hormonale systeem en zenuwstelsel. Het hart en de bloedsomloop dragen de eerste verantwoordelijkheid voor het in stand houden van de eenheid in het groeiende organisme.

Door kromming van het vroege embryo beweegt het hart van kop- naar borstgebied



De vorming van het hart is een duizelingwekkende opeenvolging van krommingen, uitstulpingen en vergroeiingen. Interessant is dat dit alles gebeurt als samenspel tussen het zich ontwikkelende hartweefsel en de druk en stroming van het bloed. Daarbij speelt de één-cellaag dikke binnenbekleding van hart en bloedvaten, het endotheel, een belangrijke rol. Uit onderzoek naar de oorsprong van de ballonvormige uitstulpingen en de vorming van scheidingswanden in de primaire hartbuis blijkt dat de plaats van de uitstulpingen (boezems, kamers) wordt beïnvloed door meandering van de bloedstroom in de primaire hartbuis (Moorman, 1999 en 2000). Waar de bloedstroom tegen de wand streeft (stress) begint die uit te dijen en weer samen te trekken met spiergroei als gevolg, terwijl er buiten de hoofdstroom van het bloed vezelige tussenschotten (septa) ontstaan.

Andere voorbeelden van hoe verandering van de bloedstroom veranderingen in de vorm van de bloedvaten veroorzaakt zie je bij de geboorte. De afsluiting van de navelstrengaders en het stoppen van de grote placentacirculatie geeft een acute toename van de vaatweerstand in de grote bloedsomloop. De ademhaling vermindert de vaatweerstand in de kleine bloedsomloop. De afsluiting van de navelstrengvaten wordt gevolgd door een abrupte functionele en later anatomische afsluiting van de opening

(foramen ovale) in het tussenschot tussen de boezems. Ook sluit dan de verbinding (ductus botalli) tussen de longslagader en de aorta, waardoor in de embryonale periode de longcirculatie werd omzeild. De longcirculatie krijgt immers pas zijn betekenis met de eerste ademhaling.

Stroming

Bloedstroming door het hart

De bloedstroming door de hartholte dringt zich sterk op, je hoort het, je voelt het. Toch kun je hier strikt genomen niet van een stroom spreken. Het gaat hier om bloedimpulsen in een ritme dat zich aanpast aan de activiteit van het lichaam. Het instromende volume dat vanuit de holle aders in de rechter boezem vloeit, bepaalt in hoge mate de frequentie. De rechter boezem die het bloed vanuit het hele lichaam ontvangt heeft een sterk zintuigelijk vermogen om onder andere volumeverandering gewaar te worden.

De vier kleppen van het hart bevorderen de stroomrichting van het bloed. Alle kleppen openen en sluiten passief. De stuwende beweging van de gespierde boezem- en kamerwanden is zo gericht dat ook bij slecht sluitende kleppen toch opvallend veel bloed de goede richting op gaat. Het dichtslaan van de hart- en slagaderkleppen of het snelle samendrukken van het bloed in de boezems en de kamers veroorzaakt de harttonen.

Het hart ontspant op eigen commando. Direct daarna slaan de slagaderkleppen dicht door de onderdruk in de kamers. Dankzij dit regime van afwisselend samentrekken en totaal ontspannen kan het hart minuut na minuut, uur na uur, jaar na jaar de bloedcirculatie impulseren.

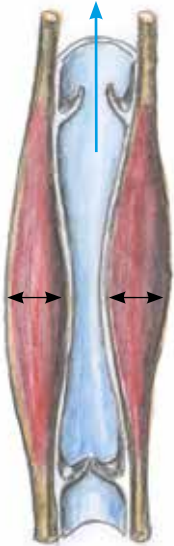
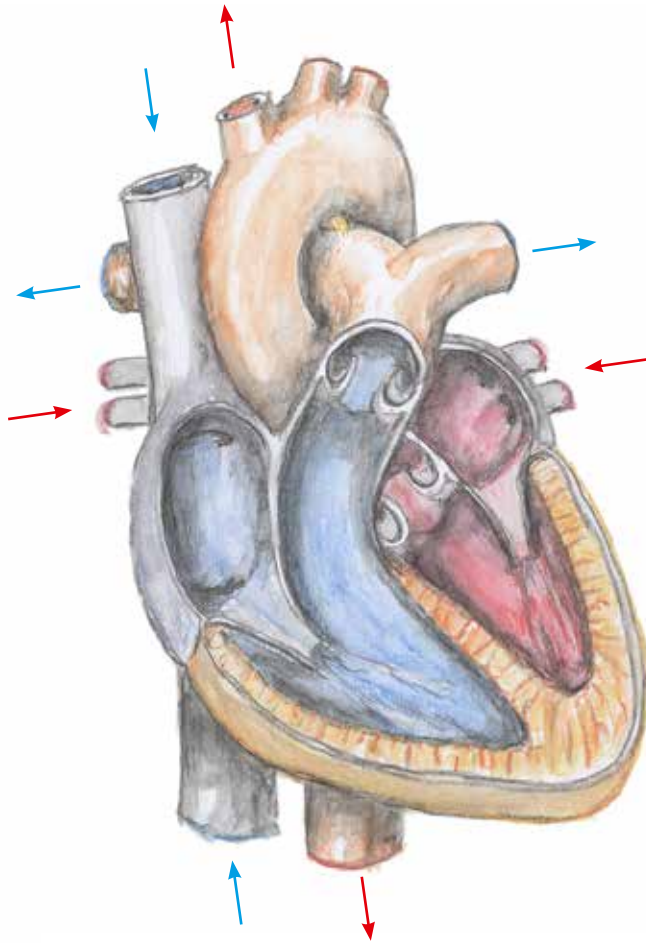
Het ritme, de kracht en de opeenvolging van de twee elkaar opvolgende slagen verschillen van persoon tot persoon en van slag tot slag. Er spreekt enorme dynamiek en levenswil uit. Niet voor niets laat men op het consultatiebureau aan de aanstaande ouders de hartslag van het groeiende embryo horen. Het is, zeker voor de vader, een eerste overtuigend teken van leven.

Bloedstroming door slagaders, aders en lymfevaten

De bloedstroming is zeer verschillend van karakter al naar gelang de plaats in het bloedvatstelsel. De meest duidelijke is die van de slagaders. Hier kun je echt van een stroom spreken, streng geregisseerd in een krachtig en volmaakt ritme vanuit het hart. Hier heerst hoge druk en snelle doorstroming. Vanaf de aorta neemt de stroomsnelheid van twintig centimeter per seconde langzaam af, tot hij omlaag duikelt bij de kleinste slagadertjes (arteriolen) naar enkele millimeters per seconde. De bloedstroomsnelheid is overigens aanzienlijk lager dan de voortplantingssnelheid van de spiergolf die als een zweepslag over de slagaders trekt. Het volume naar de verschillende organen en weefsels kan gedoseerd worden door samentrekking of ontspanning van de arteriolen.

AFBEELDING 5.5

De hartspier stuwt het bloed in de goede richting en de hartkleppen bevorderen die stroming



AFBEELDING 5.6

Skeletspieren activeren bloedstroming in de aders, kleppen bevorderen de stroomrichting

In de aders is de druk en stroming laag en onregelmatig. Van de autonome stuwkracht is niets meer over. De stroming in de aders is vooral afhankelijk van de activiteit van de naastgelegen slagaders en skeletspieren. Daarom worden de skeletspieren ook wel het 'perifere hart' genoemd.

Het volume van de aderstroom is min of meer gelijk aan dat van de slagaderstroom. Vanuit de adertjes (venulen) vloeit het bloed samen in de grotere aders en daardoor nemen snelheid en volume weer geleidelijk toe. Een substantiële basisdruk zoals in de slagaders ontbreekt, kleppen in de aders bevorderen gerichte stroming naar het hart. Dichtbij het hart ontstaat zelfs, onder invloed van de inademing, onderdruk waardoor de borstkas het aderlijke bloed actief aanzuigt.

De stroomsnelheid in de lymfevaten is bijzonder laag. Het gaat hier dan ook om een stroomvolume van slechts enkele liters per dag, duizenden keren minder dan bij de aders en slagaders. In de lymfeknopen komt, door de verwijding, de stroom min of meer tot stilstand. De witte bloedcellen, zowel lymfocyten als macrofagen, verzamelen zich in de stroomluwte van de lymfeknopen, klaar voor de ontmoeting met indringers. De drijvende kracht voor de doorstroom van het lymfestelsel is vooral het door de ademhaling opgewekte vacuüm. In het lichaam bevindt zich ongeveer negen liter weefselvocht. Bij een dagelijkse lymfestroom van twee tot vier liter duurt het zeker enkele dagen voordat al het weefselvocht eenmaal gecirculeerd is. Hieraan valt af te lezen dat de witte bloedcellen alleen met zorgvuldigheid hun werk kunnen doen. Ze hebben tijd nodig.

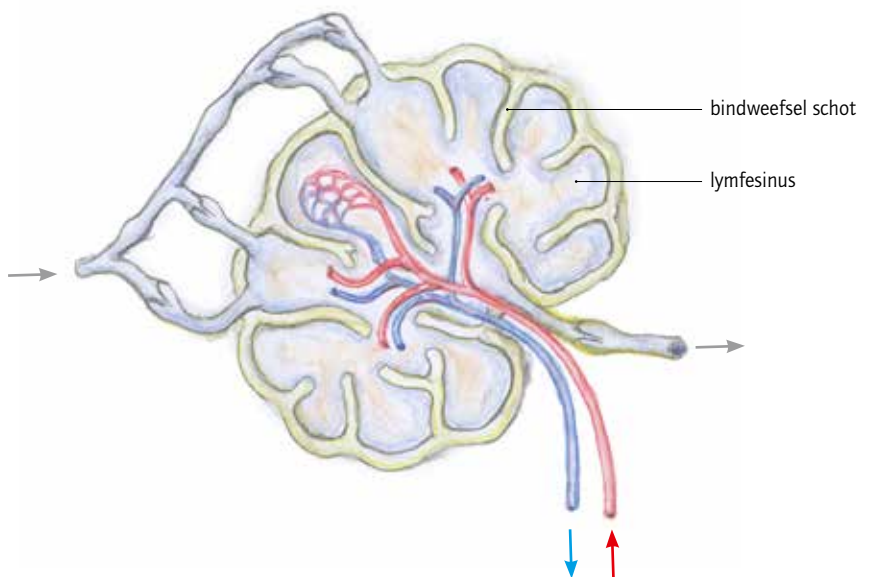
Bloedstroming in de haarvaten

Bij zowel haarvaten (capillairen), als weefselvloeistof, als lymfe zie je een stroming van nog geen millimeter per seconde. De stroomsnelheid door het haarvatennetwerk wordt grotendeels bepaald door de plaatselijke bloeddruk. Deze wordt deels beïnvloed door de slagaderlijke kracht, deels door de arteriolen die door spannen en ontspannen het achterliggend haarvatennetwerk meer of juist minder bloed(druk) geven. Als het bloed de arteriolen is gepasseerd neemt het golfkarakter af. De stroomsnelheid in de haarvaten zelf wordt mede gereguleerd door lokale processen: vasomotie, chemische concentratieverschillen tussen bloed en weefselvloeistof, en wisselende flexibiliteit van de bloedcelmembranen.

Vasomotie is de fijne regulering van de doorstroming in haarvaten.

AFBEELDING 5.7

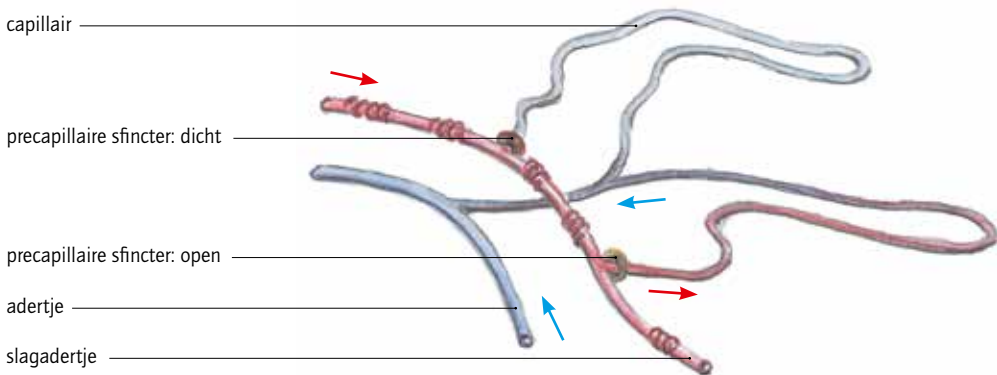
In de lymfeknoop komt de stroom vrijwel tot stilstand



De capaciteit van het haarvatnetwerk blijft min of meer constant terwijl de doorstroom door de verschillende haarvaten voortdurend wisselt. Een kringspiertje aan het begin van elk haarvatnet (precapillaire sfincter) effectueert de doorstroom in een wisselend ritme van zo'n tien keer per minuut. Vasomotie is hoofdzakelijk autonoom en zelfregulerend. De stroming van het bloed in de haarvaten wordt beïnvloed door lokale verschillen in stofwisseling. Een afnemende zuurstofconcentratie heeft een toename van de duur en frequentie van het vasomotorische ritme tot gevolg. Ook de activiteit van de rode-bloedcelmembranen kan de bloedstroom door haarvaten beïnvloeden. Verandering van flexibiliteit in de membranen kan de rode bloedcellen als een rups door de haarvaten laten kruipen (Busse, 1982).

AFBEELDING 5.8

Door kringspiertjes aan het begin haarvatnetwerken (precapillaire sfincters) wordt de doorstroming voortdurend beïnvloed



Moleculaire stroming: haarvat-diffusie

In de haarvaten diffunderen bloedbestanddelen, zoals voedingsstoffen, ionen en bloedgasen, passief van het bloedplasma naar het omliggende weefsel en terug. In water oplosbare stoffen bewegen tachtig keer sneller door de poriën van het haarvatmembraan naar de interstitiële ruimte van het weefsel dan dat het plasma door het haarvat stroomt: een geweldige moleculaire versnelling op het moment dat het er op aan komt. Daarnaast is de structuur van hemoglobine zo, dat de zuurstof gemakkelijker vrijgegeven wordt in een omgeving waar grote behoefte is als gevolg van een hoge stofwisselingactiviteit.

Bloedstroming in de hartspier

Het hart heeft zijn eigen bloedsomloop van kransslagaders en kransaders. Zij ontstaan in het hartweefsel onder het hartvlies (epicard) dat direct op de hartspier ligt. In de loop van de hartontwikkeling sluiten ze aan op de aorta, direct achter de aortaklep en op de holle aders. Deze vaten voorzien het hart zelf van vier tot vijf

procent van het uit het hart stromende bloed. Bloed stroomt de kransslagaders tijdens de ontspanning (diastole) van het hart. Daarentegen is de bloedstroom die de aorta in gaat het sterkst tijdens de samentrekking (systole). Deze tegenstelling in de circulatie is een prachtig beeld van het verschijnsel ritme: tijdens de hartactie is het hartweefsel ontoegankelijk voor bloed, tijdens de ontspanning stroomt het hartweefsel vol met vitaliserend bloed vanuit de aorta, als een echo van een eerder gegeven hartimpuls. De ontspanning van de hartspier is dus een voorwaarde voor een goede doorbloeding ervan.

De grote slagaders worden gevoed door een eigen haarvatnetwerk in de vaatwand. De kleinere ontvangen hun voedingsstoffen direct uit het bloed dat er door stroomt.

Hartspier

Het hartspierweefsel is scherp afgegrensd van het gladde spierweefsel van de slagaders. De impuls kwaliteit van het hart onderscheidt zich duidelijk van de reactieve kwaliteit van de slagaders. Histologisch vormt hartspierweefsel het midden tussen de twee andere soorten spierweefsel die het lichaam kent. De autonoom werkende spieren in de organen bestaan uit glad spierweefsel en vormen vlechtwerken. De skeletspieren bestaan uit dwarsgestreept spierweefsel en zijn in bundels, vezels naast elkaar, verdeeld. Het hartspierweefsel is een dwarsgestreept vlechtwerk en omvat eigenschappen van beide soorten spierweefsel.

Hart	Het hart geeft ritmische impulsen aan de circulatie als reactie op binnenkomend bloed uit holle aders. Hartkleppen versterken de gerichte stuwung.
Slagaders	De slagaders stuwen het bloed in golven vooruit als reactie op de bloedimpulsen van het hart. De stroming is krachtig, regelmatig, autonoom en vindt plaats onder hoge druk.
Haarvaten	Bloeddruk vanuit de slagaders is de drijvende kracht, maar uiteindelijk bepaalt de weerstand van de arteriolen zelf de doorstroom op haarvatniveau. Verdeling binnen het haarvatnetwerk verloopt naar de microbehoefte van het weefsel, gereguleerd door de pre-capillaire sfincter en door de bloedcellen zelf.
Moleculaire stroming	De moleculaire stroming (diffusie) vanuit het haarvat naar het weefsel gaat vele malen sneller dan de vloeistofstroming. Hemoglobine zorgt voor zuurstofaanbod op maat.
Kransslagaders	De kransslagaders stromen vol als de hartspier ontspant.
Aders	De stroming in de aders is afhankelijk van de omliggende spieren en slagaders. De druk en snelheid zijn aanzienlijk lager en het stroomvolume is gelijk aan dat van de slagaders.
Lymfevaten	De stroming in de lymfevaten is zeer traag. In de lymfeknopen kan die vrijwel tot stilstand komen. Het is het werkterrein van de witte bloedcellen (lymfocyten en leukocyten).

Regulering

Hart

Het tempo van de hartslag en de mate van samentrekken worden gewoonlijk vrijwel geheel gereguleerd door de aderlijke terugstroom van bloed uit de perifere bloedsomloop naar het hart. Deze bloedtoevoer reguleert de impulsfrequentie van de sinusknoop door het oprekken van de boezemwand, door de bloedtemperatuur, de zuurgraad en door aanwezige hormonen zoals adrenaline.

Toenemende bloedtoevoer leidt tot een toename van de kracht en frequentie van de samentrekking van het hart.

De bloedtoevoer naar het hart is afhankelijk van de terugstroom van bloed uit de weefsels. De bloedtoevoer naar de rechter boezem is het totaal van alle lokale bloedstromen naar het hart. Dankzij deze autoregulatie handhaaft het hart een gelijke volume-uitstroom van beide kamers. Het is opmerkelijk dat dit steeds goed gaat, ondanks enorme druk- en weerstandsverschillen tussen de kleine- en de grote bloedsomloop en de inspanningsverschillen van het lichaam van moment tot moment. Alleen door autoregulatie lijkt een dergelijke precisie-afstemming in zo'n turbulent orgaan mogelijk.

Autonoom zenuwstelsel

De werking van het hart wordt ook beïnvloed door het autonoom zenuwstelsel. Sympathische stimulering verhoogt de bloeduitstroom en zet de deur naar de spieren wijd open. Parasympathische stimulering vermindert voornamelijk de frequentie van het hart en opent nu juist de deur naar de darmen. De bloedverdeling per orgaan of orgaanstelsel kan bijgestuurd worden door het autonoom zenuwstelsel met behulp van de arteriolen. Als het hart niet vanuit het zenuwstelsel wordt gestimuleerd, zoals na een harttransplantatie, is de hartwerking bij stress toch behoorlijk adequaat. Dit laat de autonome aard zien van het hart.

Hormonen

Het adrenaline-niveau fluctueert met het in- en ontspannen door de dag heen. In geval van nood kan dit hormoon het hart een plotselinge krachtige externe versnelling geven.

Temperatuur

De mate van samentrekking en de frequentie van het hart worden ook gereguleerd door de temperatuur. Bij koorts is de samentrekking groter en kan de hartfrequentie meer dan verdubbelen.

Bloedvaten

De bloedstroom in de grotere slagaders wordt gereguleerd door de uitstroom en de frequentie van het hart. De slagaders reageren daar reflexmatig op. De bloedstroom in de arteriolen en haarvaten wordt bepaald door de stofwisselingsactiviteit van het betreffende orgaan of weefsel, onder invloed van zowel autoregulatie als het autonoom zenuwstelsel. Zo kan de bloedtoevoer naar de huid sterk wisselen als gevolg van kou, schaamte of enthousiasme. Door sterkere doorbloeding van de huidhaarvaten wordt ook warmte aan de omgeving afgegeven.

Het menselijk onderhuids capillaire netwerk is in dit opzicht uniek, wisselende doorbloeding bij emotie en warmte is alleen mogelijk in het menselijk organisme.

De werking van het centraal gelegen hart is geheel afhankelijk van wat er in de periferie van het lichaam gebeurt. De beweging van het hart en de bloedvaten wordt evenzeer bepaald door de bloedstroom als, omgekeerd, de beweging van het hart en de bloedvaten de bloedstroom bepalen.

Het hart en de bloedvaten werken grotendeels als een autonoom, zelfregulerend systeem.

Evolutionaire ontwikkeling

In de loop van de evolutie keert het organisme zich naar binnen. De aanvankelijke overgave aan het milieu ontwikkelt zich tot autonomie. Naast het platte lichaam met veel buitenoppervlak, ontstaan ingewikkelde lichamen met meer volume, relatief weinig buitenoppervlak en een inwendige circulatie van voeding, zuurstof en warmte. Dit gaat gepaard met een steeds verdere differentiatie van het hart.

Platwormen	Platwormen vormen de meest complexe diergroep zónder bloedvaten. Ze zijn plat, voeding en zuurstof worden via cel-cel-contact doorgegeven.
Rondwormen	Rondwormen hebben een bloedsomloop met een gesegmenteerd hart. Dankzij de bloedsomloop kunnen ze een ruimtelijk lichaam ontwikkelen.
Manteldieren	Manteldieren, zoals zakpijpen, zijn primitieve chordata. Zij hebben een open bloedsomloop met alleen een hartkamer. Zij hebben geen constante lichaamstemperatuur.
Vissen	Vissen hebben een enkelvoudige bloedsomloop: hart - kieuwen - lichaam - hart. Zij hebben geen constante lichaamstemperatuur, daardoor een lage celstofwisseling en dus een beperkte zuurstofbehoefte.
Amfibieën en reptielen	Amfibieën en reptielen ontwikkelen een dubbele bloedsomloop, met tussenvormen qua hartorganisatie. Kikkers bijvoorbeeld hebben twee boezems en één kamer waardoor vers en oud bloed altijd gemengd worden. Reptielen hebben de kamers enigszins gescheiden. Ook zij hebben geen constante lichaamstemperatuur en kunnen dus met weinig zuurstof toe. Ze zijn wel snel uitgeput, een kikker is na drie sprongen doodop.
Vogels	Vogels hebben een constante temperatuur. Ze hebben veel meer energie dan hun voorgangers, vliegen kost extreem veel energie. De dubbele bloedsomloop bij vogels is volledig ontwikkeld.

Een rode bloedcel (erythrocyt) op zijn weg door het menselijke lichaam, beginnend in de holle aders, volgt als het ware de evolutionaire ontwikkeling van het bloedvatstelsel.

De weg van de rode bloedcel in het bloedvatstelsel	De ontwikkelingsweg van het hart in het dierenrijk
eerst door de rechter boezem	zakpijpen hebben in hun vaatstelsel alleen een 'rechter' boezem
dan door de rechter kamer	vissen hebben een 'rechter' boezem en één kamer
dan naar de linker boezem via de longen	amfibieën (kikkers) hebben twee boezems en één kamer
dan door de linker kamer naar het lichaam	vogels en zoogdieren hebben twee boezems en twee kamers

Het hart en de bloedsomloop nemen een verbindende positie in te midden van het lichaam met zijn gedifferentieerde orgaanstelsels. Dit kan dankzij de sterke eigen vorm van het hart enerzijds en de veel beweeglijker substantie van het bloed anderzijds, waarbij het plasma en de witte bloedcellen aan geen enkele begrenzing gebonden lijken te zijn. Hierdoor kan het bloed zich krachtig met elke lichaamsvezel verbinden.

Opvallend is dat het hart grote gebaren maakt. In dit hoofdstuk kwam het hele lichaam in beeld met het hart als centrum, de sterk vertakkende bloedvaten, de perifere haarvatnetwerken en de geheel vrij bewegende witte bloedcellen. Vergelijk dit met de bespreking van de nieren waarbij je gedwongen werd in te zoomen op de millimeter, op de uiterst gedifferentieerde processen rond het nefron.

Het bloedvatstelsel is een uiterst beweeglijk geheel. Het is zowel grof motorisch, zoals bij het hart en de slagaders, als zeer fijn motorisch op haarvat- en molecuulniveau.

Het bloedvatstelsel stelt zich zeer dienstbaar op. Op welk niveau je ook kijkt: er wordt steeds ingespeeld op de vraag van het moment. Dat wordt grotendeels autonoom geregeld, deels ook ondersteund door het autonoom zenuwstelsel. Als een verzorgende hand die steeds de koude plekken vindt en verwarmt.

In de bloedsomloop komt het vuurelement tot uitdrukking. De bloedsomloop eigent zich de ruimte van het lichaam toe: het verwarmt, verzorgt en bevrijdt, het omvat en doordringt. Het vuur doet dit als geen van de andere elementen. Het vuur weet zelfs de ontoegankelijke steen met zijn warmte te doordringen.

Het hart in spreekwoorden en gezegden

Het hart op de juiste plaats hebben
iets met hart en ziel doen
iets is hartverscheurend, hartverwarmend
Iemand een hart onder de riem steken
Met de hand over het hart strijken
Een groot hart hebben
Iemand een warm hart toedragen
Iemand in het hart sluiten
Het hart luchten
Ergens hartzeer van hebben
Iets met de hand op het hart bewerken

Het hart staat in deze uitdrukkingen voor warme gevoelens van verbondenheid, oprechtheid, vertrouwen, liefde of smart.

De inwendige orgaanstelsels in schema

	Luchtwegstelsel	Darmstelsel	Urogenitaal stelsel	Bloedvatstelsel
Kopgebied	Holtes met zintuigen	Maag-mond met zintuigen en enzymen	Bijnieren	Hart
Middengebied	Bronchiën, in- en uitademing	Dunne darm	Nieren	Bloed en vaten
Wilsgebied	Stembanden en mond	Dikke darm met bacteriën, lever	Geslachtsorganen	Witte bloedcellen
Locatie	Bovenin borstholte	Buikholte	Achter boven in buikholte	Centrum midden in borstholte Perifeer capillair
Karakteristiek	Stilleggen, remmen, passief, fysicawetten	Darm: bewegen, materieel contact Lever: vitaliteit	Symmetrie	Verbindend tussen uitersten Vitaliserend
Element	Aarde	Water	Lucht	Vuur
Aansturing	Extern vanuit hersenstam	Lokaal, via grenstreng en met hormonen	Zeer sterk gedifferentieerde sturing van concentraties	Voornamelijk autonoom Bijsturing vanuit zenuwstelsel en hormonen
Beweging	Extern door borstkas	Darm: autonoom met gespierde wand. Lever: deint mee met middenrif, geen eigen beweging	Nier-energie veroorzaakt moleculaire beweging Eigen route per stof	Hart en slagaders actief autonoom Aders en lymfe extern, passief
Embryonale ontwikkeling	Vanuit de voordarm Volgroeid rond 15° jaar	Darm: insluiting van dooierzak na eerste kromming Lever: uit de kopdarm	Vanuit kopgebied afgedaald naar buikholte	Van oerbloedcel polariserend uiteen naar bloedcellen én bloedvaten
Evolutionair	Longen en ledematen gelijktijdig Zwaartekracht	Van externe vertering naar volledige vertering in een doorlopend darmkanaal	Pas laat in evolutie tot ontwikkeling Eerst in kopgebied, coxaalklier	Lichaamsvolume mogelijk door bloedsomloop Constante temperatuur emancipeert

Longen, hart, lever en nieren als menstype

Rudolf Steiner heeft met frisse moed allerlei constituties geïntroduceerd om een mens in zijn uniciteit beter te begrijpen. Een van die typologieën is vernoemd naar de vier 'hoofdorganen' hart, nier, long en lever, de zogenaamde orgaantypen. Deze typologie wordt veelal toegepast in de medische praktijk, maar ook in de klas is hij bruikbaar om individuele leerlingen beter te begrijpen.

Werken met typologieën

Bij het ontwikkelen van een typologie wordt op grond van waarnemingen en gedachten over het waargenomeene een voor het denken aanschouwelijke karakteristiek gevonden. Deze karakteristiek verschijnt echter nooit in volmaakte vorm in de zichtbare, voorstelbare wereld. Elke voorstelbaar exemplaar van een type is een exemplarische variant ervan en niet het type als zodanig.

De valkuil bij het hanteren van typen is dat het beweeglijke constitutiebeeld verstart tot een sjabloon en dus niet meer over de etherische mens gaat. Het wordt een platte stilstaande voorstelling. Dat is altijd foute boel! Constituties zijn plastisch vervormbare, functionele levenselementen die thuis zijn in alles wat etherisch beweegt. De Grieken zeiden daarover: *panta rhei* (alles is in stroming) of wellicht nog mooier: 'je kunt nooit twee maal in dezelfde rivier stappen'. Juist die combinatie van vorm en stroming zijn zo kenmerkend voor wat je onder de etherische constitutie moet verstaan.

Het organisch niveau van de typeleer is de lichamelijke verschijningsvorm. Bij de bespreking van de orgaantypen wordt zowel naar bouw als naar de aard van de substantie gekeken.

In de psychologie is het bedrijven van een typeleer redelijk ingeburgerd. De psyche wordt mede beïnvloed vanuit het organisme. Organisch fysiologische processen bepalen een deel van de grondstemming, de psychische geneigdheid en bepaalde karaktertrekken. Het is denkbaar dat de kwaliteit van het lichaamseiwit hiervoor mede bepalend is. Stel dat het eiwit door

een sterke nierwerking (via de zuurstofdynamiek) beïnvloed wordt, dan is het denkbaar dat het zielenleven een andere kleur aanneemt dan wanneer het sterk door de long (via de koolstofdynamiek) wordt beïnvloed.

Op grond van deze visie volgt een korte op de praktijk gerichte beschrijving van de vier orgaantypen.

Het longtype

Organisch niveau

Het organisme van het longtype toont een neiging tot verharding. Een droog aandoende huid met een doffe teint, droog haar zonder glans, en een slecht gebit kunnen daarbij horen. De huid van de persoon doet vaak een beetje craquelé-achtig aan en kan lijken op ingedroogde leemachtige aarde. Transpireren zal niet snel gebeuren, rode blosjes ontbreken en lichamelijk maakt de persoon geen 'sappige' indruk. Onder te sterke invloed van het aarde-element neigt het weefsel naar verbrokkeling en verharding. Mede daardoor ontstaat ook gemakkelijk het beleven dat het organisme een sterke contour heeft en weinig neiging tot 'uitvloeiën' vertoont.

Psychisch niveau

Longtypes zijn zeer betrouwbaar. Cognitieve en verbale aspecten staan voorop. Herinneringsbeelden zijn meestal exact en feitelijk, en het leven wordt ingericht met een zakelijke instelling. Waar het de esthetica betreft zijn ze kunstzinnig en fijngevoelig. Poëzie (Rilke) ligt hen goed en ook in de beeldende kunst kunnen zij fraaie, meestal sterk gestructureerde kunst maken (Mondriaan, Giacometti). Door het aarde-element bestaat een neiging tot vast worden, de ontstane brokken laten zich moeilijk oplossen. Hierdoor kunnen longtypes (over)precies tot dwangmatig worden, overgevoelig en sentimenteel. Het beleven van het eigen lichaam heeft de neiging een hypochondrisch karakter aan te nemen en leidt meestal tot een opvallend bewustzijn voor het uiterlijk en de verschijning.

Het levertype

Organisch niveau

In veel opzichten vormt het levertype het tegendeel van het longtype. Sappigheid, een neiging tot overvulling zonder tonus, neiging tot premenstruele vochtstapeling en een zekere uitvloeiende dynamiek vallen het meest op. Voor het oog lijken weekheid en zachtheid de eigenschappen van de huid. En hoewel de huid sappig oogt is er weinig lichtwerking.

Psychisch niveau

Met trage bewegingen voltrekt zich het innerlijke proces. Gedachten hebben weinig contouren, bewegen gemakkelijk in cirkelredeneringen en laten zich associatief in allerlei richtingen leiden. De herinneringen zijn vaak meer stemmingsherinneringen waarin de atmosfeer nog tastbaar aanwezig is, kale feiten zijn er weinig, net zomin als heftige emoties. De stemming zelf is vaak onderhevig aan depressieve 'Verstimmungen', die het innerlijke leven donker en kwetsbaar maken. Veel personen van dit type generen zich voor hun lichamelijke voorkomen vanwege overgewicht en vormverlies.

Het niertype

Organisch niveau

Bij het niertype springen glanzende beweeglijke ogen en een felle blos op de wangen met een zekere stuwing in het gelaat direct in het oog. In de Duitse terminologie noemt men het 'Backenglühen', het gloeien van de koken. De huid is vaak vitaal en gezond met een bleek, soms rossig aspect. De huid reageert goed op licht en bruint gemakkelijk, waarbij de dosering van lichthoeveelheid goed in de gaten moet worden gehouden om 'overbelichting' te vermijden. Het organisme lijkt voldoende 'doorlicht' en getoniseerd. Het lopen is elastisch, soms wat springerig of ingehouden gestuwd. De bewegingen zijn vaak kortaf en zelfs abrupt, gelijke tred houdend met een (over)beweeglijk zielenleven.

Psychisch niveau

Het bewustzijn is vaak helder en duidelijk en het innerlijk is licht van stemming met een opvallend gevoel voor humor en een opmerkelijke goedlachsheid. Tonusverhoging en ontspanning kunnen elkaar afwisselen of ieder voor zich domineren. Niertypes laten zich vaak gemakkelijk prikkelen voor indrukken en reageren direct op gebeurtenissen in de omgeving. Dat kan soms leiden tot een primair reactiepatroon of zelfs een zekere mate van overprikkelbaarheid en onrustige overbeweeglijkheid. Ze herinneren zich vooral gebeurtenissen en hun emotionele impact.

Het harttype

Organisch niveau

Het harttype heeft iets weg van de leeuw: direct, oprecht, koninklijk en onversaagd. Het accent ligt op de borstholte. De motoriek is vaak elegant en stevig tegelijk, waarbij de doelgerichtheid en effectiviteit van de beweging opvallen. Het is vaak een vreugde de bewegingen te volgen en innerlijk mee te beleven omdat het harmonieaspect op de voorgrond staat.

De lichamelijke gezondheid lijkt van deze types af te stralen. Huid, spier, vet en bindweefsel zijn mooi verdeeld in een atletische gestalte.

Soms kun je met iemand samenwerken op een manier waarbij alles in een flow verloopt waarbij ieders kracht en behoefte in balans is. De inzet van de een compenseert de zwakte van de ander, op het juiste moment, zodat daadkrachtig gewerkt wordt, zonder dat het heel veel kost. Dat beeld wordt opgeroepen bij de bestudering van het bloedvatstelsel.

Psychisch niveau

Het harttype is door zijn directheid en sociale inslag innemend en vertrouwenwekkend. Hij kan onrecht onmogelijk verdragen of tolereren. Dat dient onverwijld bestreden en gecorrigeerd te worden. Daarbij speelt het eigenbelang geen rol. Hij neemt zonder aarzelen het risico zelf schade te lijden als gevolg van een actie ten bate van sociale rechtvaardigheid. In het sociale is hij in zijn element: mensen verbinden, de zwakken steunen en de jeugd opwekken en stimuleren het eigen hart te volgen.

Bronnen

Busse, R. (1982). *Kreislauf Physiologie*. Stuttgart, Thieme Verlag

Enders, G. (2015). *De mooie voedselmachine. De charme van je darmen*. Amsterdam, Luitingh-Sijthoff

Goldberger, A.L., B. J. West, T. Dresselhaus en V. Bhargava (1985). Bronchial asymmetry and Fibonacci scaling. *Experientia* 41, 1537-1538

Moorman, A.F.M. en W.H. Lamers (1999). Development of the Conduction System of the Vertebrate Heart. In: Richard P. Harvey and Nadia Rosenthal (red.). *Heart Development* (pp. 195-207). San Diego, Californie, Academic Press.

Moorman, A.F.M. et al (2000). Presence of functional sarcoplasmic reticulum in the developing heart and its confinement to chamber myocardium. *Developmental Biology* 223 (2), 279-90

Sadler, T.W. en P.W.J. Peters (2000). *Langman's medische embryologie en teratologie*. Houten, Bohn Stafleu Van Loghum

Rohen, J.W. (2002). *Morphologie des menschlichen Organismus. Entwurf einer goetheanistischen Gestaltlehre des Menschen*. Stuttgart, Verlag Freies Geistesleben

Rohen, J.W. en E. Lütjen-Drecoll (2012). *Funktionelle Embryologie*. Stuttgart, Schattauer

Silbernagl, S. en A. Despopoulos (2007). *Sesam atlas van de fysiologie*. Baarn, Sesam/HBuitgevers

Tellingen, C. van (2012). *Organphysiology from a Phenomenological Point of View*. Driebergen, Louis Bolk Institute

Fenomenologie naar de Schoolbanken

Project

Het project Fenomenologie naar de Schoolbanken wil leerkrachten inspireren en ondersteunen bij het fenomenologisch benaderen van het lesgeven en de lesstof. Zo kun je leerlingen nog intenser laten ervaren wat ze van de natuur kunnen leren. Je oefent hen de blik te openen voor verschijnselen die anders wellicht verborgen blijven. De leerlingen ontwikkelen daarmee een 'levend denken'.

Tijdens een studiedag voor vrijeschool-biologie leraren in 2014 lanceerde Guus van der Bie het idee om fenomenologische vakliteratuur toegankelijk te maken voor leraren. Willem de Vletter en Gert Adema namen de uitdaging aan. Zij droegen alle drie bij vanuit hun eigen kwaliteit: met kennis en inzicht, onderzoekend en beschrijvend, door samen te voegen en te verbeelden. Het project Fenomenologie naar de Schoolbanken ontstond, met dit boek als eerste resultaat.

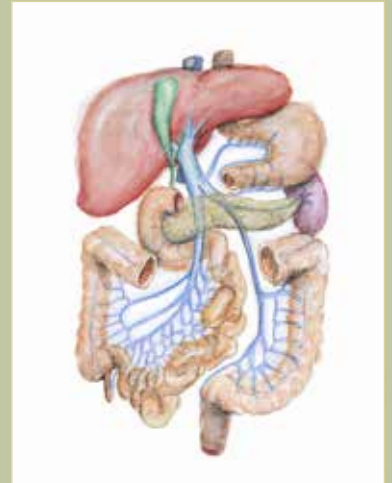
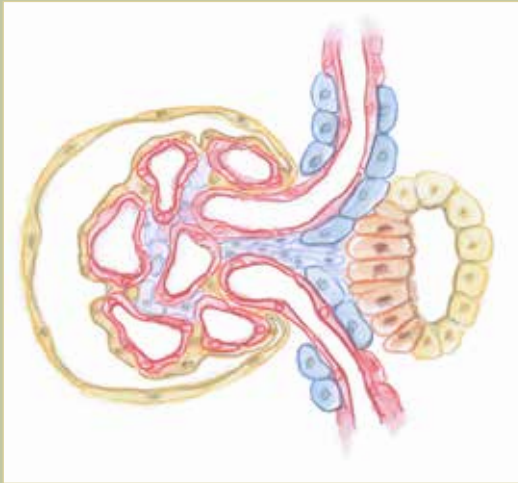
Auteurs

Gert Adema werkt sinds 1983 op het Parcival College in Groningen als leraar biologie en tekenen. Hij verheldert zijn biologielessen graag door krijttekeningen op het bord te maken. De leerling kijkt en tekent mee, maakt al doende contact met de lesstof en vormt zich zo actief beelden van de werkelijkheid.

Hij verzorgde de afbeeldingen in dit boek. Om de kwaliteit van de bordtekeningen te benaderen, gebruikte hij 'gewassen-kleurpotlood'.

Guus van der Bie was tien jaar werkzaam aan de Universiteit van Utrecht als docent Anatomie en Embryologie. Vervolgens was hij 35 jaar huisarts en verbonden aan het universitair huisartseninstituut. Tien jaar lang coördineerde hij een keuzeblok 'Complementaire zienswijzen in de zorg'. Momenteel geeft hij daar nog onderwijs in 'Medical Humanities'. Aan de universiteit Witten/Herdecke geeft hij onderwijs aan medische studenten, artsen en specialisten. Hij coördineert de basismodule van de Academie Antroposofische Gezondheidszorg en helpt het ontwikkelen van het onderwijs aan de Academie voor Integrative Medicine.

Willem de Vletter vroeg zich in zijn middelbare schoolleeftijd af: 'Kan God bestaan als hij zich nooit laat zien?' Op zijn twintigste leerde hij de fenomenologie kennen: 'Het was alsof de zon op ging. Ik voelde me een plant die eindelijk water kreeg en zijn wortels vol zoog'. Daarna was hij achttien jaar onderwijzer en vanaf 2000 leraar biologie aan het Parcival College in Groningen.



Fenomenologie naar de Schoolbanken

Maak opnieuw kennis met de inwendige organen en verlevendig de voorstellingen die je ervan hebt!

De fenomenologische benadering van de inwendige orgaanstelsels leidt tot dynamisch inzicht in de gedaanteontwikkeling, de levenskracht en in de betekenis voor de hele mens.

Gedetailleerde beschrijvingen en kleurrijke illustraties zijn een inspiratiebron voor de lespraktijk.

Contact en bestellen
fenomenologie@parcivalcollege.nl