

Samenvatting 10 voor Biologie

Hoofdstuk 14, 15, 21 en 22

14 Circulatie

In de tijd van Erasistratos (304-250 v.C.) geloofde men dat zenuwen 'spiritus animalis', slagaders 'spiritus vitalis', en aders 'bloed met allerlei stoffen' vervoerden, zonder begrip van het transportmechanisme. Erasistratos voerde als eerste aderlating uit. Galenus (129-199 n.C.) stelde later dat de lever 'spiritus naturalis', het hart 'spiritus vitalis', en de hersenen 'spiritus animalis' bevatten. Vesalius (1514-1564) publiceerde in 1543 gedetailleerde platen van het bloedvatenstelsel, maar begreep de bloedcirculatie niet. William Harvey (1628) introduceerde de theorie van de dubbele bloedsomloop, uiteindelijk algemeen aanvaard. De evolutie toont de voortgang in wetenschap en anatomie door de eeuwen heen.

14.2 Functies van het circulatiestelsel

Het circulatiestelsel bestaat uit het bloedvatenstelsel en het lymfatisch stelsel. Het lymfatisch stelsel ondersteunt het bloedvatenstelsel, is belangrijk voor het verversen van weefselvocht én speelt een belangrijke rol bij de afweer. Verder heeft het circulatiestelsel de volgende vijf functies:

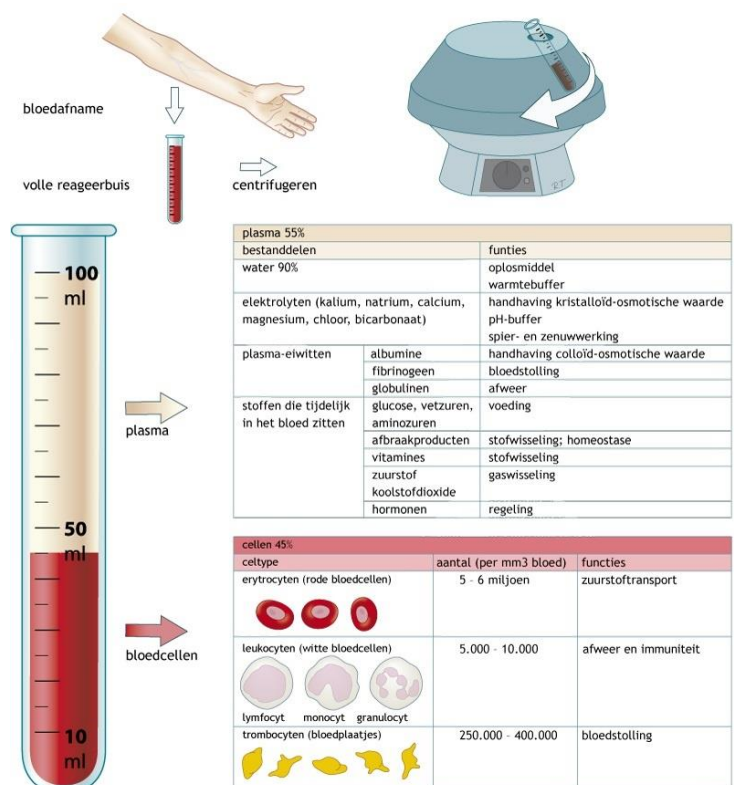
1. **Aanvoer van voedingsstoffen**, vanuit de maag en darmen worden voedingsstoffen door de bloedbaan verspreid.
2. **Afvoer van afvalstoffen**, de vrijgekomen afvalstoffen worden verzameld in de lymfen en bloedbaan en wordt naar de uitscheidingsorganen gebracht.
3. **Transport van gassen**, het bloed vervoert de zuurstof en koolstofdioxide die vrijkomen en nodig zijn in het lichaam.
4. **Transport van hormonen en beschermende stoffen**, de hormonen worden afgegeven aan het bloed, die ze dan naar de doelorganen vervoeren.
5. **Verspreiding van warmte**, het bloed zorgt voor de verspreiding en afvoer van warmte in het menselijk lichaam.

14.3 Bloed

7.5% van het lichaamsgewicht is bloed, gemiddeld is dat rond de 5 à 6 liter voor een volwassene. 55% is bezonken bloed, 45% is bloedplasma, hierin bevinden zich alle belangrijke stoffen. **Bloedplasma** bestaat voor 91% uit water, vooral door de darmen is dit percentage zo hoog. Maar het is ook erg belangrijk, aangezien het zorgt dat concentratie laag blijven en zo geen schade kunnen aanrichten. Ook in het bloedplasma zijn eiwitten aanwezig, albumine, fibrinogeen en globuline. Maar 1% van het bloedplasma bestaat uit zouten, die samen de osmotische waarde op orde houden. Deze waarde is ongelijk gelijk aan 0.9% keukenzoutoplossing (NaCl).

Ook zit er in het bloedplasma tijdelijke stoffen, zoals zuurstof, koolstofdioxide en voedingsstoffen, die naarmate het bloed langer van het hart af is worden opgenomen en worden verbruikt.

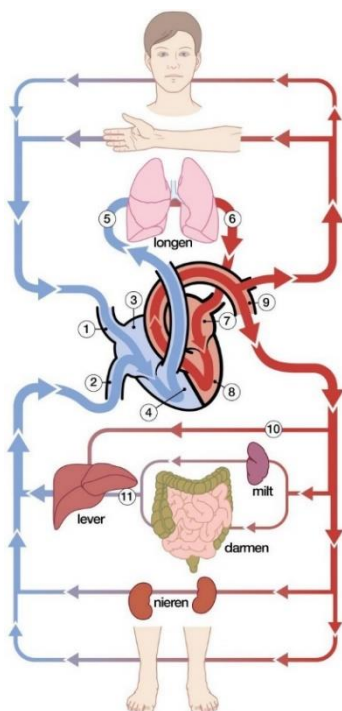
Functies van de verschillende bloedeiwitten: **albumine** (handhaving colloïd-osmotische waarde), **fibrinogeen** (bloedstolling) en **globuline** (afweer). Deze eiwitten worden voornamelijk in de lever aangemaakt, zij werken ook als buffer om de pH op een constant niveau te houden. **Serum** is het bloedplasma dat niet kan stollen, oftewel bloedplasma zonder fibrinogeen. De globuline worden voor verschillende dingen gebruikt, transport van zuurstof, maar een andere soort. De **immunoglobulinen** zijn juist antistoffen en zijn actief onderdeel van je afweer.



Het bloed bestaat voor 95% uit rode bloedcellen, die verantwoordelijk zijn voor het vervoeren van ijzer en zuurstof, dit door de kleurstof die de cel instaat stelt om zuurstof aan zich te binden. Deze kleurstof staat ook wel bekend als **hemoglobine**. De witte bloedcellen zijn belangrijk voor je afweer, en bestaat uit 3 typen: **monocyten** (Zij sporen en vernietigen de bacteriën), **lymfocyten** (de immuun cellen) en **granulocyten** (ze vernietigen (oplossen) de bacteriën door de cellen in zich op te nemen en dan te verteren).

14.4 Bloedstolling

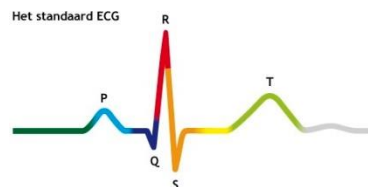
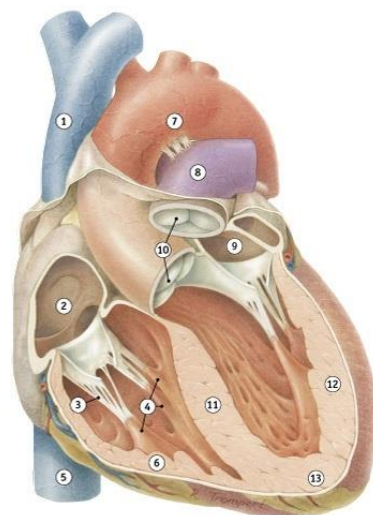
Vanaf het moment dat je bloedbaan wordt blootgesteld aan de buitenlucht, gaan er direct bloedplaatjes naar toe om het 'gat' te dichten, of dit is het principe. Tegelijkertijd wordt het bloedvat verdund, om het bloedverlies zoveel mogelijk te beperken. Er komt een plaatjesfactor vrij, die bloedplaatjes aantrekt naar de beschadiging, doordat fibrinogeen wordt omgezet in fibrine, kan fibrine (draadvormig) een tijdelijke laag aanbrengen, de bloedkorst. Als er vocht uit de wond wordt geperst, is dat het serum ofwel wondvocht. Door het hormoon **histamine** worden de bloedvaten om de wond heen gestimuleerd om wijder te worden, dit kan je zien aan het feit dat rond een wond de randen altijd donkerder zijn, zij vangen de vernauwing op.



14.5 Hart en bloedsomloop

Het hart heeft de grote van een flinke vuist, en ligt linksachter je ribben, het is zo gekanteld dat de punt naar links wijst. Het hart is een holle spier, met twee kamers. De linkerkamer is het grootst (dikste wand) want die stuwt het bloed in de grote bloedsomloop. Elke kamer heeft zijn eigen boezem, dit is de wachtkamer voor het bloed. De zogenoemde wachtkamer (boezem) wordt gevuld door de onderste- en bovenste holleaders. Hierdoor is de rechterkant zuurstofarm en de linkerkant van het hart zuurstofrijk. De kamers en boezems worden afgesloten door de hartkleppen, die zorgen dat het bloed niet terug de kamer of boezem stroomt. De hartwand is de spier, deze zorgt voor de samentrekkende bewegingen die voor het pompeffect zorgen. De samentrekkende beweging begint bij een impuls, die afkomstig van de sinusknoop. De tijd tussen de samentrekkingen heet de **refractaire periode**, ook wel de rustperiode. Het hart wordt aangestuurd door zijn eigen elektrisch circuit, maar is wel beïnvloedbaar door het autonome zenuwstelsel. Ook het hart zelf moet bebloed worden, hiervoor is de **hartcirculatie** met de kransslagaders en kransaders. We hebben

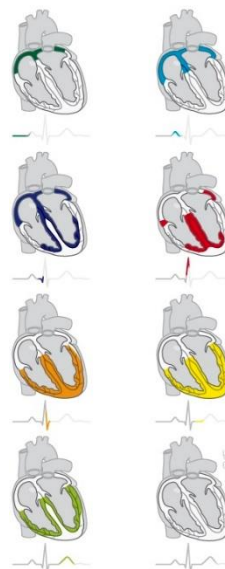
een **dubbele bloedsomloop**, de kleine (hart -> long -> hart) en de grote (hart -> organen -> hart). De kleine bloedsomloop zorgt voor het zuurstofrijk maken van het bloed, en de grote zorgt ervoor dat het zuurstofrijke bloed wordt vervangen door koolstofdioxide rijk bloedt.



De relatie tussen het ECG en de prikkelgeleiding door het hart

14.6 Werking van het hart

Het hart bestaat naast de zuigerspomp ook uit een geleidend stuk, dit wordt gevormd door de **sinusknoop**, **AV-knoop** (boezemkamerknoop), **bundel van his** en purkinjevezels. De **sinusknoop** is te vergelijken met een zenuwknoop in de wand van de rechterboezem. Hierdoor worden de signalen van samentrekken snel doorgegeven en vind er een samentrekking van de boezems. De sinusknoop prikkelt de AV-knoop die dan zijn signaal doorgeeft aan de bundel van his. Dat is een bundel geleidende spieren in de tussenwand tussen de kamers in. Ten slotte worden de signalen doorgegeven aan purkinjevezels, deze vezels zijn zenuwcellen in de wanden van de hartkamers en die zich samentrekken bij het ontvangen van een prikkeling van de bundel van his. Ondanks dat het hart autonoom werkt, hebben hormonen en het zenuwstelsel wel enige invloed. Ook emoties hebben invloed, via het **verlengde merg** worden signalen verstuurd naar het hart.



Het hart genereert elektrische stroompjes door geladen deeltjes, gemeten met een elektrocardiogram (ECG). Willem Einthoven ontwierp de snaargalvanometer in 1903 om deze elektrische activiteit te meten en ontving daarvoor later de Nobelprijs. Het ECG toont pieken en dalen die de hartactiviteit weergeven, en artsen kunnen zo de hartfunctie beoordelen.

P Boezemsamentrekking	(boezemsystole)
QRS kamers trekken samen	(kamersystole)
T ontspanning	(diastole)

Een gemiddelde hartslag ligt rond de 60 tot 80 slagen per minuut (rust). In een hartcyclus zijn 3 fases te onderscheiden. Hieronder kort beschreven:

Fase 1: Passieve vullingsfase
(0,0 – 0,4 seconde)

Het begint met de **hartpauze**, de boezemkleppen zijn dicht en de kamerkleppen open, zodat het bloed niet terug de holle ader (boven en onder) inloopt. Het dichtvallen van de kleppen geeft de **Q** piek. (zie afbeelding hierboven).

Fase 2: Actieve vullingsfase
(0,4 – 0,5 seconde)

Na 0,4 seconde geeft de sinusknop een prikkel, waardoor het samentrekken begint. Hierdoor trekken de boezems zich samen, de **boezemsystole**. Door de stuwning openen de hartkleppen zich en vullen de kamers zich met bloed.

Fase 3: Ventrikel systolische fase
(0,5 – 0,8 seconde)

De boezems ontspannen zich weer, de prikkel van de sinus-knoop heeft zich naar de kamerwand verplaatst (de purkinjevezels). Waardoor de kamers zich gaan samentrekken. Hierdoor wordt het bloed naar de slagaders gestuwd, het dichtvallen van de hartkleppen geeft de **S** piek. Waarna de kamers zich weer ontspannen en fase 1 weer begint. De bloeddruk in het hart varieert afhankelijk van de hartfase en meetplaats. In de passieve vullingsfase is de druk laag, ongeveer 0 mmHg in boezems en kamers. Bij actieve vulling stijgt de druk tot 5 mmHg in het hart. In de ventrikelsystolische fase bereikt de bloeddruk in de linker- en rechterkamer respectievelijk 120 mmHg en 30 mmHg. Deze variaties spelen een rol tijdens de hartcyclus.

Het **HMV** Hartminuutvolume hangt af van de hartslagfrequentie H_f en het slagvolume per kamer V_s . De formule is $HMV = H_f \times V_s$.

In rust klopt het hart ongeveer 70 keer per minuut, en elke kamer pompt zo'n 70 ml bloed weg. Het Hartminuutvolume (HMV) in rust is dus 4900 ml of bijna 5 liter per minuut. Tijdens inspanning kan de hartslag oplopen tot 130 slagen per minuut, en de bloedtoevoer naar het hart kan toenemen tot 120 ml. Hierdoor stijgt het HMV tot 15,5 liter per minuut. Hoewel de linkerkamer harder werkt dan de rechterkamer, pompen beide kamers evenveel bloed per minuut weg.

Het lichaam compenseert een gebrek aan bloed op verschillende manieren, zoals het verhogen van het HMV en het prioriteren van belangrijke organen. Ook wordt het bloed verdeeld naar behoefte, bijvoorbeeld naar actieve spieren i.p.v. rustspieren of organen die meer zuurstof nodig hebben.

14.7 De bloedvaten

Het menselijk lichaam onderscheidt verschillende soorten vaten, slagaders, aders en haarvaten. De slagaders zijn altijd zuurstofrijk, bij uitzondering van de longslagader. Alle aders zijn altijd zuurstofarm, bij uitzondering de longader. De aders gaan altijd naar het hart toe, terwijl de slagaders altijd van het hart af gaan. De slagaders en aders worden genoemd vanaf het orgaan waaruit ze komen of waartoe ze gaan. De longslagader, gaat naar de longen toe, de longader gaat van de longen af. De poortader is hierop een uitzondering, en is de ader die vanuit de maag naar de lever gaat, waardoor de voedingsstoffen snel uit de darmen kunnen worden overgebracht naar de lever waar het wordt opgeslagen en verder verwerkt wordt. De aders bestaan uit 3 lagen, aan de binnenkant het een cel dikke laagje endotheel, daarna heb je de dikkere gladde spierwand en tenslotte een wand met bloedvaatjes om het bloedvat te voorzien van de nodige bouw- en voedingsstoffen.

De slagaders zijn elastisch, dat is belangrijk want het hart pompt niet constant bloed, de slagaders moeten dus kunnen mee bewegen. Uiteindelijk vertakken de slagaders in steeds fijnere vaten, met steeds dunnere wanden. Dit zorgt ervoor dat de diffusie makkelijker gaat (uitwisseling van stoffen). Uiteindelijk, vormen de haarvaten weer fijne aders die dan weer uitmonden in normale aders die naar het hart toe gaan. Aders hebben kleppen om het bloed tegen te houden van terugstromen, iets wat de slagaders niet hebben.

Doordat de aders veel breder zijn, is te verklaren dat hetzelfde hoeveelheid bloed wordt verplaatst naar het hart bij een lagere druk dan als de snelstromende slagaders. Door de volgende 4 redenen stroomt het bloed in de aderen naar het hart toe;

1. **Kleppen** voorkomen terugstroming
2. **Spierpomp**, door de samentrekking van skeletspieren worden de aders afgeknepen en drukt het bloed omhoog.
3. **Slagaderpomp**, door het samentrekken van de slagaders wordt de ader ook vernauwt, en wordt het bloed omhoog gedrukt.
4. **Aderpomp**, door samentrekking van het middenrif ontstaat een soort vacuüm effect waardoor het hart als het ware het bloed aanzuigt.

14.8 De bloeddruk

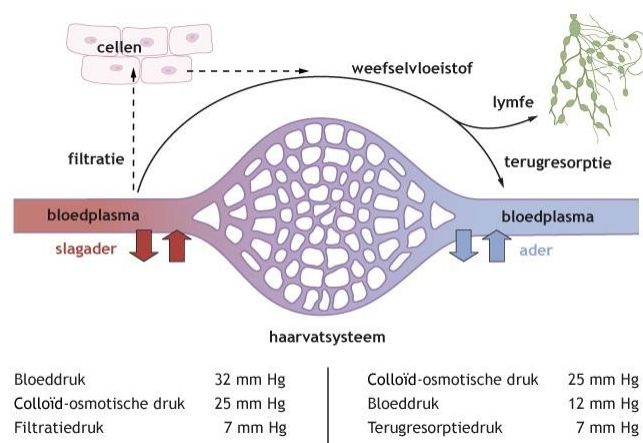
We hebben twee maten voor bloeddruk, de **bovendruk** (de druk waarmee het hart het bloed in de aorta pompt) en de **onderdruk** (de druk tijdens de rustperiode). De bovendruk wordt ook wel **systolische druk** genoemd en de onderdruk ook wel **diastolische druk**. Gemiddeld is de bovendruk 120 mmHg (millimeterkwik) en de onderdruk 80 mmHg. In de weefsels neemt dit af tot 35, en op het eind van de haarvaten is er nog maar een druk van 15 mmHg over. In de kleine bloedsomloop (in de longen) is de druk op z'n hoogst 25 mmHg en op z'n kleinst 10 mmHg. Gezonde waarden zijn 120-140 voor de bovendruk en 70-90 voor de onderdruk.

14.9 Weefselvloeistof

In het bloed zitten veel eiwitten, de eiwitten zijn verantwoordelijk voor het constant houden van het **colloïd-osmotische druk**. Dit ontstaat door de water aanzuigende kracht van de eiwitten. De druk is ongeveer gelijk aan 25 mmHg, terwijl de bloeddruk in de haarvaten gelijk is aan 30 mmHg. Door dit druk verschil wordt bloedvloeistof uit de haarvaten geperst, dit heet ook wel de **filtratiedruk**. De vloeistof dat eruit wordt geperst heet **weefselvloeistof**.

De samenstelling van dit vloeistof hangt sterk af van het weefsel en de locatie, maar meestal zit er het volgende in:

water, zouten in ionvorm, hormonen, enzymen, gassen (zuurstof, koolstofdioxide), kleine bloedeiwitten (o.a. antistoffen), witte bloedcellen (granulocyten en monocyten) en voedingsstoffen en afvalstoffen.



Doordat de grote wateraantrekkende moleculen achter blijven in het bloed blijft de druk gelijk op 25 mmHg. Aan het eind van het haarvat is de druk omgedraaid en wordt het weefselvloeistof weer terug het vat ingedrukt. Dit heet **terugresorptiedruk**. Dit systeem is niet 100% waterdicht, ongeveer 10% van het weefselvloeistof blijft achter in het uitwendig milieu en keert niet terug naar het vat. De lymfevaten zorgen ervoor dat dit wateroverschot tijdig wordt afgevoerd. Door de bloed stroming wordt het weefselvloeistof continue ververs, als door eiwit te kort of een probleem bij de lymfevaten, het overbodige water niet tijdig wordt afgevoerd kan er schade ontstaan aan de vaten, cellen en zelfs weefsels, denk hierbij aan een dikke enkel naar het stoten ervan. Ook als er te weinig water wordt aangevoerd ontstaan er problemen door uitdroging.

14.10 Lymfatisch stelsel

Het lymfatisch stelsel bestaat uit lymfevaten en lymfoïde organen, waaronder lymfeknopen, milt en keelamandelen. Deze organen spelen een belangrijke rol in het afweersysteem. Lymfevaten, die essentieel zijn voor het circulatiesysteem, werken samen met bloedvaten. Lymfecapillairen, de kleinste lymfevatjes, bevinden zich in weefsels en zijn 'blind' eindigende vaatjes met grote poriën. Ze vormen een netwerk vergelijkbaar met bloedvatjes.

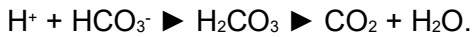
Kleine lymfevaten verenigen zich tot grotere vaten, zoals de borstbuis en de rechter lymfestam. Deze monden uiteindelijk uit in grote aders die verbonden zijn met de bovenste holle ader, waardoor lymfevocht weer wordt toegevoegd aan het bloed. In grotere lymfevaten bevinden zich kleppen om terugval van lymfe te voorkomen. Het transport van lymfevocht gebeurt op een vergelijkbare manier als bij aders, met behulp van de adempomp, spierpomp en slagaderpomp. Het ophopen van lymfe kan worden verminderd door spieren aan te spannen, wat overtollig vocht helpt afvoeren, vooral na langdurig in dezelfde houding te hebben gezeten, gestaan of gelegen. Vanaf het moment dat weefselvloeistof vanuit de darmholte wordt opgenomen in de lymfevaten, wordt het **lymfe** genoemd.

In lymfe zitten de volgende stoffen: water, hormonen, witte bloedcellen, vetten, antistoffen, aangetaste of dode cellen, voedingsstoffen en zuurstof.

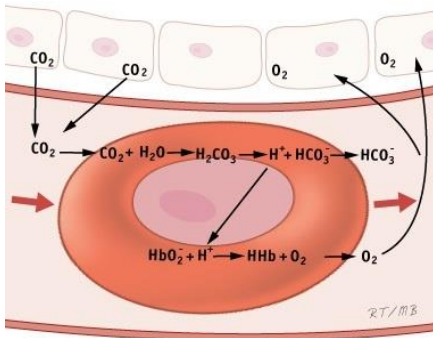
14.11 Transport van zuurstof en koolstofdioxide

Doormiddel van binding aan de rode kleurstof in bloed kan zuurstof worden vervoerd. 4 moleculen zuurstof per molecuul **hemoglobine**. Dit gebeurt in de volgende reacties

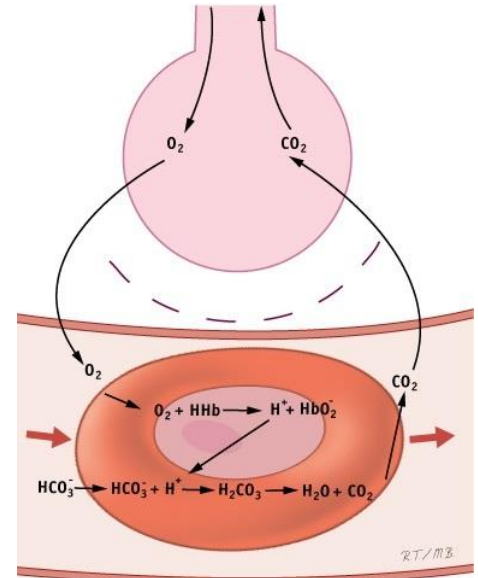
(longhaarvaten)



(weefsels)



Bij een lagere pH wordt makkelijker zuurstof afgestaan, het **Bohr-effect**. In de longen vindt de **diffusie** plaats van CO_2 en O_2 . Dit gebeurt doormiddel van druk verschillen. De longslagaders hebben een lagere $p\text{O}_2$ druk en een hogere $p\text{CO}_2$ druk, hierdoor wordt bevorderd dat de CO_2 wordt uitgescheiden terwijl de druk van de zuurstof toeneemt, doordat er extra wordt opgenomen. Hierdoor stijgt de $p\text{O}_2$ en daalt de $p\text{CO}_2$. In de cellen en weefsels gebeurt precies het tegenovergestelde als in de longen. De $p\text{CO}_2$ neemt toe, en de $p\text{O}_2$ neemt af, en zo is de kring weer rond.



14.12 Circulatie en gezondheid

Het circulatiesysteem is de levensader van het lichaam, maar kent zijn eigen uitdagingen. Bloedafwijkingen en kwetsbare bloedvaten spelen een rol, beïnvloed door gedrag en gewoonten. Inwendige bloedingen, zoals bij een verstuite enkel, onthullen de choreografie van beschadigde vaten en het genezingsproces. Bloedarmoede, geleid door een tekort aan hemoglobine, wijst vaak naar voedingskeuzes en kan variëren in ernst. Hoge bloeddruk, een sluipende boosdoener, ontstaat door verstopte slagaders, mogelijk door cholesterol. Aderverkalking, een ongewenste bijwerking van ouder worden, maakt bloedvaten stijf en minder elastisch.

Infarcten, zoals een hartinfarct, brengen ernstige gevolgen met zich mee, veroorzaakt door bloedstolsels in verkalkte vaten. Trombose, in hart of hersenen, kan levensbedreigend zijn, terwijl longembolie en hersenbloedingen ook dreigen. Een hartstilstand, het dramatische einde, kan overleefd worden met reanimatie en defibrillatie. Preventie, bewustzijn en gezonde gewoonten zijn de helden van dit complexe gezondheidsdrama.

15 Ademhaling

15.2 De luchtwegen

De luchtwegen vormen de verbindingsweg tussen de buitenlucht en longweefsel. Door de vorm van je neuskraakbeen en de bedekkende huid is elke neus uniek. Doordat het grootste gedeelte is gemaakt van elastisch kraakbeen is je neus erg flexibel, maar blijft de vorm gehandhaafd. De neusholte is veel groter dan je zou denken, doormiddel van neushaartjes worden de verkeerde deeltjes tegengehouden. Daarnaast wordt lucht bevochtigd en verwarmt (tot ongeveer 33°C), zodat het de ideale omstandigheden heeft voor in je longen. Boven aan de neusholte bevindt zich het slijmvlies. Deze bestaat uit je reukzintuigcellen. De functies zijn dus: zuiveren, verwarmen, bevochten en ruiken.

Mondademhaling heeft ook z'n voordelen, vooral als je veel lucht moet verplaatsen, moet hoesten of wanneer je neus verstopt zit. Daarnaast is de mond erg belangrijk bij het spreken. Links en rechts in de keelwand liggen de keelamandelen, ze zijn ophopingen van lymfoïde (lymfe uitscheiding), en spelen een rol bij de afweer. Het **strottenhoofd** ligt tussen de keelholte en de luchtpijp. In het strottenhoofd bevinden zich de **stembanden**. Dit zijn stevige banden die gaan trillen als er lucht langs wordt gevoerd, de ruimte tussen de banden heet de stemspleet. Je **stemgeluid** is uniek, aangezien het wordt bepaald door karakteristieke kenmerken, zoals de vorm van je stembanden, de omvang van je klankkast (mondholte) en de spieractiviteit in het strottenhoofd.

Mensen kunnen praten vanwege de complexe anatomie van hun keel, strottenhoofd en gespecialiseerde hersencentra voor taal. Mensapen missen deze fijne spierregeling en specifieke hersenstructuren. Chimps kunnen eenvoudige gebarentaal leren, maar hun taalcapaciteit is beperkt. Dieren kunnen onderling communiceren, maar mensentaal is uniek door het vermogen om bijna oneindige woordcombinaties te gebruiken. De oorsprong van menselijke taal is nog niet precies bekend, maar het wordt al lang als een cruciale factor in de menselijke evolutie beschouwd. Verschillende wetenschappers suggereren dat de menselijke taal mogelijk al twee miljoen jaar geleden is ontstaan. Het vermogen van jonge kinderen om snel een taal te leren, wijst op aangeboren taalmechanismen.

De **luchtpijp**, bestaande uit kraakbeen, vertakt zich in twee **hoofdbronchiën** die naar de linker- en rechterlong leiden. Kraakbeenstukken in de buizen voorkomen het dichtklappen bij inademing. Het slijmvlies met trilhaarepitheel in de luchtpijp en bronchiën vangt stofdeeltjes en ziektekiemen op. De trilharen transporteren het slijm naar de keel, waar het wordt ingeslikt. De bronchiën vertakken zich in **bronchiolen**, waar glad spierweefsel de luchtstroom reguleert. Elke bronchiole leidt naar longtrechtertjes met longblaasjes, waar gasuitwisseling met het bloed plaatsvindt. De longen bevatten 500-600 miljoen longblaasjes met een geschat totaaloppervlak van 100 m².

15.3 Gaswisseling

De gaswisseling is gebaseerd op de **wet van Fick**, hoe groter het oppervlak en hoe kleiner de **diffusieafstand**, des te sneller kan de diffusie plaatsvinden. De longen in warmbloedige dieren zijn zo gebouwd voor de optimale diffusie. Het bloed stroomt snel, de lucht wordt continue verversd én het concentratie verschil is groot. De vele **longblaasjes** hebben samen een grote elasticiteit en in een rust een gemiddelde oppervlakte van 70 m². Vanuit de alveolaire lucht (lucht in de longblaasjes) hoeft het maar 2 celwanden te passeren voordat het opgelost wordt, een korte diffusieafstand dus (longblaasje wand en haarvatwand). Zuurstof lost uitermate slecht op in bloedplasma, het wordt daarom gebonden aan hemoglobine, de rode kleurstof in bloed. *Zie voor de reacties de afbeelding bij 14.11.*

15.4 Ademhalingsbewegingen

Ventilatie is het continue verversen van de alveolaire lucht in de longen. Je haalt de afgewerkte lucht weg door uit te ademen. De ademhaling komt op stand door bewegingen van de ribben, borstbeen en middenrif. De **inademing** komt tot stand door het volgende:

De inademing kost energie omdat de spieren wordt aangespannen, hierdoor neemt de inhoud van de borstholte groter, hierdoor rekken de longen zich uit en wordt de luchtdruk in de longen lager dan de buiten druk. Hierdoor stroomt er lucht naar binnen. Bij **buikademhaling** (middenrifademhaling) wordt het middenrif naar beneden getrokken waardoor de buikwand naar voren komt. Bij **borstademhaling** (ribademhaling) worden de ribben en het borstbeen door spieren omhoog getrokken.

De **uitademing** komt tot stand door het verkleinen van de borstholte. Dit gebeurt als de ademhalingsspieren zich ontspannen. Hierdoor gaat het middenrif omhoog en vallen de ribben en borstbeen naar beneden, geholpen door de zwaarte kracht. Uitademing is dus een passief proces en vereist weinig tot geen energie. Alleen bij zwaarder uitademen, denk hierbij aan hoesten, kost het wel energie. Deze energie wordt gebruikt voor de contra ademhalingsspieren om nog meer samen te trekken, en hierdoor de buikholte nog verder te verkleinen.

15.5 Longfunctie

Doormiddel van een spirometer is het mogelijk om te onderzoeken wat de longcapaciteit een persoon heeft, hierdoor kan je onderzoeken wat iemands **longfunctie** is. Bij rustig ademen is het ademvolume (V_t) ongeveer 0,5 L. Bij een grote uitademing is het ongeveer 3 L. Als je na je eerste uitademing nog een keer uitademt pers je nog eens (gemiddeld) 1.5 L lucht uit je longen. Je longen zitten dan alsnog voor een deel gevuld, longen kunnen in levende staat nooit helemaal leeglopen, je spreekt dan over het **restvolume** wat overblijft (R_v V_{rest}) en bedraagt ongeveer 1.5 L. De totale longcapaciteit wordt dan $3 + 1,5 + 1,5 = 6$ L.

De **vitale capaciteit** is alleen de lucht dat wordt geplaatst, dus niet het restvolume meerekenen, $3 + 1,5 = 4,5$ L. 4.5 is een gezonde hoeveelheid, is het minder dan heeft de persoon een mindere conditie of ademt te weinig lucht uit. Het aantal keer dat wordt uitgeblazen per tijdseenheid wordt de **ademfrequentie** genoemd. Gemiddeld is dit in rust 15 keer per minuut, en tijdens inspanning 30. Het **ademminuutvolume** hangt af van je ademfrequentie en de hoeveelheid (volume) lucht dat je per teug naar binnen haalt. Het **ademteugvolume**. In rust is dat ongeveer 7.5 L/minuut en tijdens inspanning 105 L/minuut.

Inspiratoir reservevolume (IRV) is het verschil tussen de 3 Liter bij de diepe inademing en de gemiddelde IRV.

	inademingslucht (verse lucht)	uitademingslucht (150 ml verse lucht, 350 ml oude lucht)	alveolaire lucht (oude lucht)
stikstof	79%	77%	75%
zuurstof	21%	16%	13%
koolstofdioxide	0,04%	4%	5%
water	0%	3%	7%

Zoals hierboven te zien is, gebruiken we maar een klein gedeelte van de ingeademde lucht. De **dode ruimte** verwijst naar de delen van de luchtwegen waar geen gaswisseling plaatsvindt, inclusief neus- en mondholte, keelholte, strottenhoofd, luchtpijp, vertakkingen van de luchtpijp en bronchiolen. Alleen in de longblaasjes vind gaswisseling plaats. Bij een normale ademhaling blijft er ongeveer 3 liter lucht achter in de luchtwegen, waar gasuitwisseling mogelijk is.. Slechts ongeveer 10% van de ingeademde lucht bereikt daadwerkelijk de longen tijdens een rustige ademhaling, terwijl de rest in de dode ruimte blijft.

15.6 Regulatie van de ademhaling

De adembewegingen worden mogelijk gemaakt door dwarsgestreepte spieren, die onder controle staan van het animale zenuwstelsel. Hoewel deze spieren bewust kunnen worden beïnvloed, wordt de ademhaling autonoom geregeld door het ademcentrum in de hersenstam. Dit centrum ontvangt informatie over de ventilatiebehoefte via chemoreceptoren in de halsslagaders en aorta, voornamelijk gevoelig voor veranderingen in het koolstofdioxidegehalte. Andere factoren, zoals zuurgraad en zuurstofgehalte, spelen ook een rol maar zijn minder invloedrijk. Het ademautomatisme kan bewust worden onderbroken, maar het ademcentrum neemt snel de regulatie over. Verschillende activiteiten, zoals spreken, zingen, en reflexen zoals hoesten en niezen, onderbreken tijdelijk het automatische ademen.

15.7 Ademen en gezondheid

Bronchitis en Longontsteking

Ongefilterde ziektekiemen kunnen de bronchiën ontsteken, wat bronchitis veroorzaakt. Als de longen ook ontstoken raken, spreekt men van longontsteking. Beide worden meestal veroorzaakt door bacteriën en vereisen behandeling met antibiotica.

Astma

Astmapatiënten ervaren voortdurende ontsteking van de luchtwegen, resulterend in periodieke benauwdheidsaanvallen. Vaak veroorzaakt door allergieën, moeten zij contact met triggers minimaliseren.

COPD (Chronic Obstructive Pulmonary Disease)

Chronische bronchitis, een vorm van COPD, herhaalt zich regelmatig door overgevoeligheid van bronchiën.

Emfyseem, ook een COPD, ontstaat wanneer longblaasjes hun elasticiteit verliezen. Beide worden vaak geassocieerd met roken.

21 Afweer

Immunologie, het vakgebied dat de menselijke afweersystemen bestudeert, ontrafelt de processen die leiden tot immuniteit tegen ziekteverwekkers. Door de rol van witte bloedcellen en receptoreiwitten te begrijpen, heeft verbeterde kennis bijgedragen aan het voorkomen van sterfgevallen door infectieziekten. Vaccinaties bieden immuniteit tegen ziekten, terwijl immunologen ook complicaties onderzoeken, zoals bij orgaantransplantaties en auto-immuunziekten. Het vakgebied blijft evolueren met voortdurende ontdekkingen en inzichten.

21.2 Afweerlinies

De eerste afweerlinie, ook wel de externe aspecifieke afweer genoemd, fungeert als een natuurlijke barrière gevormd door het dekweefsel van de huid en de slijmvliezen die verschillende lichaamsholten bekleden. Deze barrière, aanwezig vanaf de geboorte, is ondoordringbaar en bevat mechanismen zoals een gerichte vloeistofstroom naar het externe milieu en stoffen die bacteriegroei tegengaan. Haar taak is het tegenhouden van veel ongewenste ziekteverwekkers, waardoor het een eerste verdedigingslinie vormt.

Aspecifieke afweer	Specifieke afweer
1 ^{ste} en 2 ^{de} afweerlinie	3 ^{de} afweerlinie, immuunsysteem
valt meerdere typen ziekteverwekkers aan	valt één type ziekteverwekker aan
weerstand blijft gelijk na herhaalde infectie	weerstand neemt toe na herhaalde infectie
aangeboren	verworven

Tabel 1. Overzicht van de belangrijkste verschillen tussen aspecifieke en specifieke afweer

Wanneer een ziekteverwekker deze eerste afweerlinie doorbreekt, komt de tweede afweerlinie in actie als interne aspecifieke afweer. Deze bestaat uit specifieke witte bloedcellen, waaronder macrofagen, granulocyten, dendritische cellen en 'natural killer'-cellen. Deze fagocyten voeren fagocytose uit, waarbij ze ziekteverwekkers opeten of aangetaste lichaamscellen opruimen. Daarnaast zijn eiwitten zoals complementeiwitten en interferonen, evenals ontstekingsreacties en koorts, betrokken bij het bestrijden van ziekteverwekkers. Deze tweede afweerlinie is ook aangeboren en fungeert als een verdere verdediging laag tegen binnendringende pathogenen.

21.3 De eerste afweerlinie

Voordat een bacterie of virus je kan besmetten, moet het eerst verschillende natuurlijke afweer barrières passeren. In de **mond** worden de bacteriën aangevallen door enzymen, genaamd **lysozym**. Deze stof breekt de celwand van de bacteriën af, als het de mond weet te overleven gaat het door naar de keelholte, waar het slijm ook nog eens lysozym bevat. Stel, de bacterie overleeft dat en komt in de **maag** terecht, dan heeft te maken met een uiterst zuur milieu, met een pH tussen de 1.5 en 2.5. Daarnaast zijn er in de maag ook nog enzymen die het celmembraan beschadigen van de bacteriën. Als het in de darmen terecht komt, krijgt het te maken met de **autochtone bacteriën**, ze leven in de dikke darm en scheiden stoffen uit die vreemde bacteriën aanvallen. Maar, als een bacterie zich inkapselt tot een **spore**, dan kan het de meeste ongunstige milieus overleven.

De **huid** bestaat uit een laag van aaneengesloten dode verhoorde cellen, die samen een ondoordringbaar schild vormen tegen de meeste micro organismen. De **fyschische barrière**, door de zweetklieren en talgklieren wordt melkzuur en vetzuur afgestaan, hierdoor daalt de pH en daarmee ook de activiteit van de bacterie. De ziekteverwekkers worden in de neus tegengehouden door de trilhaartjes. Dit zijn allemaal niet-specifieke afweer middelen.

21.4 De tweede afweerlinie

Meestal lukt de virussen en bacteriën wel om de eerste afweerlinie te passeren. Dit kan bijvoorbeeld door wondjes in je huid. Als een ziekteverwekkend micro-organisme je lichaam is binnengedrongen wordt er gesproken over **besmetting**. Als de ziekteverwekker zich kan vermenigvuldigen dan spreken we van een **infectie**. De tijd tussen besmetting en de eerste ziekteverschijnselen heet de **incubatietijd**. Bij een besmetting zorgen de witte bloedcellen voor je verdediging, er zitten ongeveer 5 tot 10 duizend witte bloedcellen per mm³ in je bloed. Ze zijn (gemiddeld) onder verdeeld in de volgende groepen en percentages:

- lymfocyten (27%)
- dendritische cellen en monocyt (4%)
(als monocyt weefsels terecht komen, veranderen ze in macrofagen)
- granulocyten (4%)
- 'natural killer'-cellen (4%)
- mestcellen (64%)

Granulocyten en **monocyten** kunnen amoëboïde bewegingen maken, en kunnen dus van vorm veranderen. Ze zijn hierdoor in staat om overal de bloedbaan te verlaten om naar de plek van de beschadiging of infectie te komen. Hier worden de monocyten **macrofagen** genoemd. De bacteriën worden dan opgegeten door de granulocyten en monocyten, ook wel de **fagocyten**. Ze reageren als eerste, en gaan daarom ook als eerste dood, de pus die uit infectiewonden komt bestaan daarom voor het grootste deel ook uit dode granulocyten. De monocyten daarentegen kunnen meerdere keer fagocyteren, zonder dood te gaan. Ze zijn weliswaar langzamer, maar waarschuwen wel het lichaam van een aanval, en kunnen meerdere keren bacteriën verteren. De fagocyten herkennen indringers door receptoren die binden aan de buitenwand van bacteriën, door de aanwezigheid van immunoglobuline (antistof) of door complement-moleculen op het membraan.

Dendritische cellen bevinden zich op de plekken waar de ziekteverwekkers vermoedelijk het lichaam binnendringen. Ze controleren het lichaam voortdurend op de aanwezigheid van antigenen (stoffen of structuren die het lichaam als lichaamsvreemd beschouwt). Als de cel een lichaamsvreemde structuur tegenkomt, dan wordt dat gemeld op de volgende twee manieren; er worden stoffen vrijgelaten die de derde afweerlinie activeren en door de antigenen te leiden naar de cellen van de derde afweerlinie die ze kunnen vernietigen.

Bij een virusinfectie worden de fagocyten aan de kant gezet, zij kunnen immers geen lichaamscellen oplossen, (virussen vermenigvuldigen zich vanuit lichaamscellen). Hiervoor heeft het lichaam de **natural-killer** cellen. Doordat de viruscel eiwitten achterlaat als het een cel binnendringt, kunnen de natural-killer cellen ze opsporen. Ze brengen enzymen naar binnen die de cel van binnen uit vernietigen, hierdoor kan het virus zich niet meer vermenigvuldigen. Deze cellen kunnen ook andere kwaadaardige cellen aanvallen, zoals tumorcellen.

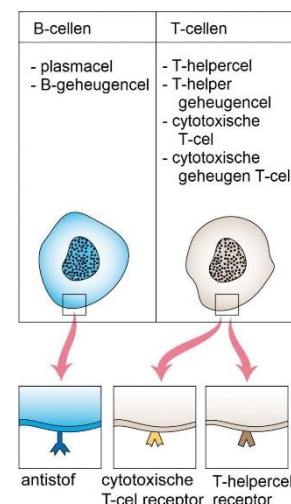
Bij beschadiging van de huid lokken signaalmoleculen chemotaxis uit, waardoor granulocyten en macrofagen worden aangetrokken. Histamine zorgt voor bloedvatverwijding, resulterend in een ontstekingsreactie met roodheid en zwelling. Geïnfecteerde cellen produceren interferon, een eiwit dat gezonde cellen beschermt. Alle stoffen die ontstekings- en afweerreacties veroorzaken, zoals signaalstoffen, histamine en interferon, worden (ontstekings)mediatoren genoemd. Infecties kunnen koorts veroorzaken, waarbij de 'thermostaat' in de hersenstam wordt verhoogd. Koorts versnelt bacteriële fagocytose en verhoogt interferonproductie, wat het lichaam helpt bij de afweer tegen indringers.

21.5 Derde afweerlinie: het immuunsysteem

In tegenstelling tot de eerste twee afweerlinies, train je je hele leven de derde. Het immuunsysteem groeit met je mee, het leert en bouwt uit. Het afweersysteem heeft een **geheugen** die zorgt ervoor dat het over een langere tijd ziektes blijft herkennen en vooral hoe ze aan te pakken. Ook is het afweersysteem veel specifiekier dan zijn twee voorgangers, het werkt alleen tegen specifieke griepvirus of bacterie, aangezien het uit ervaring handelt, weet het wat te doen bij hele specifieke virussen, is het antigeen maar iets veranderd, staat het relatief machteloos.

Antigenen zijn lichaamsvreemde structuren, vanuit de lymfoïde stamcellen worden continue T- en B-cellen gevormd die één bepaald antigeen zoeken, ze zijn inactief totdat ze dat specifieke antigeen tegenkomen (**monospecifiek**). Als het beet heeft deelt het zichzelf door mitose, die dan door ontwikkelen tot 'gewapende' T-cellen die het antigeen elimineren. Het vind zijn slachtoffer doordat het antigeen zich kan binden op een van de **epitopen** van het lymfocyt (witte bloedcel). Het is **monospecifiek** omdat het 100 duizend van dezelfde soort epitopen heeft. De receptoren van de T-cellen worden ook wel **T-celreceptoren** genoemd, de celreceptoren van de B-cellen worden ook wel **antistoffen** genoemd. Als deze celreceptoren van de B-cellen los worden afgegeven aan de bloedbaan heten ze **immunoglobulinen**. T-cellen zijn niet in staat om hun receptoren af te geven. De **geheugencellen** zijn verantwoordelijk voor het onthouden van de juiste methode om antigenen op te sporen en op te ruimen, als je een tweede keer besmet raakt, wordt je daar meestal niet ziek van. Het lichaam ruimt het snel op voordat je er last van krijgt.

Afweer doormiddel van antistoffen die in het bloed zitten wordt ook wel **humorale** immuniteit genoemd (humor = lichaamsvocht). Deze soort immuniteit richt zich vooral tegen bacteriën, virussen en toxinen (giftige stoffen). B-cellen hebben unieke antigeenreceptoren op hun celmembraan. Wanneer een B-cel zijn specifieke antigeen tegenkomt, vermenigvuldigt hij zich snel via klonale expansie, waardoor miljoenen identieke B-cellen ontstaan. De meeste van deze B-cellen worden plasmacellen, die grote hoeveelheden antistoffen produceren. Deze antistoffen verspreiden zich door het lichaam, neutraliseren antigenen en bieden bescherming.



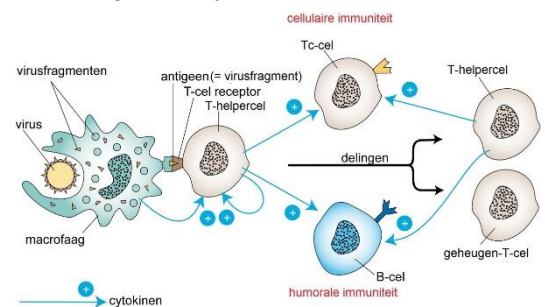
Antistoffen bestaan uit koolhydraten (2% tot 15%) en eiwitten (minimaal 85%). Per liter bloed heb je 35 gram plasma-eiwitten. 7 gram daarvan zijn antistoffen. Voor de uitgebreide functies van alle soorten plasma eiwitten kijk in Binas 84K. De **werking** van antistoffen:

- Antistoffen die op virussen gaan zitten, voorkómen dat virussen binden aan lichaamscellen.
- Antistoffen kunnen zich hechten aan vreemde cellen en aan bacteriën, waardoor ze gaan klonteren en herkenbaar worden voor macrofagen. De samenklontering heet **agglutinatie**.
- Antistoffen kunnen aan bepaalde giftige stoffen binden en aan elkaar koppelen, waardoor ze vlokkerig worden, neerslaan en onwerkzaam worden.
- Ziekteverwekkers waaraan antistoffen zitten, kunnen beter gefagocyteerd worden door macrofagen. Dit komt doordat de macrofagen receptoren op hun celmembraan hebben voor het staartdeel van de antistoffen. Zo werken derde en tweede afweerlinie samen.

T-cellen, nadat ze in de thymus zijn gerijpt, hebben monospecifieke receptoren vergelijkbaar met B-celantistoffen. Om actief te worden, moeten ze worden geactiveerd door gepresenteerde, bewerkte antigenen. Antigeen presenterende cellen (**APC-cellen**), zoals macrofagen, lymfocyten en dendritische cellen, presenteren antigenen aan T-cellen. Deze presentatie, via MHC-eiwitten, activeert T-cellen, waarna ze gerichte cellulaire afweer uitvoeren. Elke T-cel herkent een specifiek epitope, klein maar uniek deel van het antigeen. Het immuunsysteem vertoont hoge specificiteit, waarbij kleine verschillen tussen antigenen verschillende afweerreacties oproepen.

MHC-eiwitten op normale cellen tonen lichaamseigen eiwitten en worden als zelf herkend. T-cellen hebben een coreceptor nodig voor koppeling met cellen. Bij koppeling aan het specifieke antigeen vindt activering plaats, gevolgd door deling en differentiatie in T-helpercellen, T-suppressorcellen en T-geheugencellen. Klonale expansie wordt gestimuleerd door koppeling aan geïnfecteerde cellen in lymfatisch weefsel, evenals geïnfecteerde macrofagen of B-cellen die antigeen via hun receptoren hebben opgenomen, bijvoorbeeld bij insecten- of slangengif, allergenen. De T-cellen vormen de **cellulaire** immuniteit.

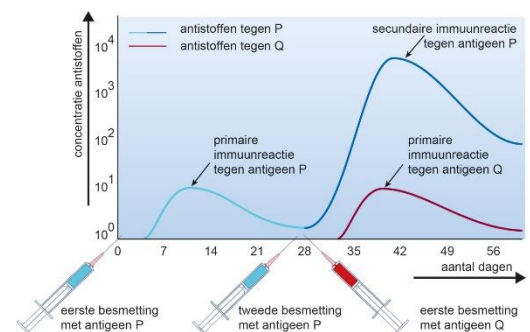
Het Major Histocompatibility Complex (MHC) op celmembranen draagt lichaamseigen receptoreiwitten, MHC-I-receptoren genaamd. Deze receptoren zijn als bloedgroepantigenen, uniek voor elk individu. Wanneer een lichaamscel geïnfecteerd raakt, presenteert deze een lichaamsvreemd antigeen via MHC-I-receptoren. Inactieve cytotoxische T-cellen (Tc-cellen) hebben specifieke receptoren op hun membranen. Bij binding aan het virusantigeen op MHC-I wordt de Tc-cel geactiveerd, deelt en differentieert, resulterend in cellen die geïnfecteerde cellen vernietigen. Tc-geheugencellen ontstaan ook voor toekomstige bescherming. Deze reactie, MHC-restrictie genoemd, vereist specifieke binding tussen Tc-celreceptor, virusantigeen en MHC-I-receptor. Het vernietigen van geïnfecteerde cellen gebeurt door afgifte van perforine, beschadigend voor het celmembraan.



T-helpercellen spelen een cruciale rol bij het initiëren van de specifieke afweerreactie. Ze worden geactiveerd wanneer macrofagen of dendritische cellen een antigeen presenteren via MHC-II-receptoren. De T-helpercel, met een passende receptor, activeert en deelt zich herhaaldelijk, differentieert in T-helpercellen, T-suppressorcellen en T-geheugencellen. T-helpercellen scheiden cytokinen af, eiwitachtige signaalstoffen, die inactieve B- en Tc-cellen activeren om zich te delen. T-helpercellen spelen een leidende rol in het afweerproces.

Inactieve B-cellen met specifieke antistoffen op hun membraan worden geactiveerd wanneer ze het bijbehorende antigeen tegenkomen. Na binding van antistoffen aan het antigeen wordt het complex opgenomen en opgeruimd. Activering vindt plaats wanneer de B-cel een APC-cel wordt en een T-helpercel het antigeen herkent. Geactiveerde B-cellen delen zich snel, resulterend in de productie van plasmacellen die antistoffen afscheiden, evenals B-geheugencellen voor toekomstige immunresponsen.

Bij de **primaire** en **secundaire immunreactie**, bij het eerste contact met een virus, zoals het waterpokkenvirus, worden geheugen B-cellen en plasmacellen gevormd, de **primaire immunreactie**. Bij een herhaalde blootstelling aan hetzelfde virus vindt de secundaire immunreactie plaats. Geheugen B-cellen worden geactiveerd en ontwikkelen zich snel tot plasmacellen, waardoor er snel veel antistoffen worden geproduceerd. Deze reactie is sneller en krachtiger dan de primaire immunreactie, de **secundaire immunreactie**.



Dagelijks ondergaat ons lichaam een continue productie van bloedcellen, waaronder lymfocyten, om ervoor te zorgen dat de bloedcelaantallen op peil blijven. Deze lymfocyten worden gevormd uit stamcellen in het rode beenmerg. Na hun ontstaan migreren ze naar lymfoïde organen, waar ze een cruciale rol spelen in ons immuunsysteem.

Een deel van deze lymfocyten begint hun reis naar de thymus, een belangrijk orgaan voor de verdere ontwikkeling van deze immuuncellen. In de thymus, die actief is vanaf de geboorte tot ongeveer het 16e levensjaar, worden de lymfocyten thymocyten genoemd. Hier ondergaan ze differentiatie en kunnen ze zich ontwikkelen tot T-cellen. De thymus fungeert als een soort 'school' waarin de thymocyten worden blootgesteld aan lichaamseigen eiwitten. Dit proces is van vitaal belang om zelftolerantie te handhaven.

Thymocyten die een reactie vertonen tegen lichaamseigen eiwitten worden verwijderd, waardoor alleen 'veilige' thymocyten overblijven. De T-cellen, nu volledig ontwikkeld en tolerant voor lichaamseigen structuren, verspreiden zich door het hele lichaam en vestigen zich in diverse lymfoïde weefsels. Gedurende het hele leven blijven deze T-cellen nieuwe T-lymfocyten produceren via mitose, wat een continu en gevarieerd leger van immuuncellen oplevert om het lichaam te beschermen tegen infecties en ziekten. De migratie, differentiatie en selectie van lymfocyten in het rode beenmerg en de thymus spelen dus een integrale rol in het handhaven van een effectief immuunsysteem gedurende ons hele leven.

21.7 Immunisatie

Als je een ziekte doormaakt en daarna niet meer ziek wordt bij een tweede besmetting spreek je van een actieve immunisatie. Doordat je het ook nog eens op natuurlijke wijze doormaakt, heet het **natuurlijke actieve** immunisatie. Bij een **vaccinatie** krijg je een vaccin ingespoten dat vaak bestaat uit verzwakte ziekteverwekkers of de antigenen van de ziekteverwekker. Hierop reageert het immuunsysteem zonder dat je erg ziek wordt, hierdoor worden er wel geheugencellen ontwikkeld voor deze ziekte, we spreken van **kunstmatige actieve** immunisatie.

Passieve immunisatie kan ook, dan worden de antistoffen meteen aan je gegeven, hierbij worden geen geheugencellen gemaakt waardoor de immunisatie maar tijdelijk werkt. Dit wordt vooral toegepast als er acute baat is bij antistoffen, als een patiënt dusdanig ziek is dat het afweersysteem het niet meer alleen aan kan. Er wordt dan **antiserum** toegediend. Er is dan sprake van **kunstmatige passieve** immunisatie. Als een baby van de moeder antistoffen krijgt tegen de ziekte die zij heeft doorgemaakt, wordt de baby tijdens zijn eerste weken beschermd tegen de meeste ziekten, totdat het stopt met moedermelk. We spreken dan van **natuurlijke passieve** immunisatie.

Monoklonale antistoffen, geproduceerd sinds 1975, worden verkregen door het opkweken van antistoffen van één B-lymfocyt. Miltcellen van muizen worden gefuseerd met tumorcellen, en de resulterende celklonen produceren gewenste antistoffen. Ze worden gebruikt tegen slangengif, voor hormoon- en enzymdetectie, en in de zwangerschapstest. Onderzoekers overwegen ze te gebruiken in tumorbehandelingen door ze te richten op specifieke tumorantigenen.

21.11 Allergie

Allergische reacties, zoals hooikoorts, worden veroorzaakt door allergenen zoals stuifmeel. Bij herhaalde blootstelling maakt het immuunsysteem IgE-antistoffen aan die zich hechten aan mestcellen. Bij een volgende blootstelling binden de allergenen aan deze antistoffen, wat leidt tot afgifte van histamine door mestcellen. Histamine veroorzaakt symptomen zoals zwelling van slijmvliezen, een loopneus en ademhalingsproblemen. Hooikoorts is hinderlijk maar niet levensbedreigend, terwijl sommige allergieën, zoals voor pinda's of wespensteken, ernstige reacties kunnen veroorzaken, waarbij onmiddellijke medische interventie nodig is.

22 De huid

De **huid** bestaat uit 3 lagen. De opperhuid (0,1 mm), de lederhuid (2 mm) en de onderhuidse bindweefsels. De opperhuid is opgebouwd uit **epitheelcellen**, en vormt alle huidstructuren, eelt, nagels en haren. De onderhuidse bindweefsels vormen vooral de vetlaag en isolatielaag.

De opperhuid slijt het snelst, daarom wordt er constant vanuit de dieper gelegen kiemlaag nieuwe cellen naar boven gedrukt, om de oudere cellen te vervangen. De opperhuid is zelf ook nog verdeeld in de hoornlaag en de kiemlaag eronder. De kiemlaag zijn de delende cellen, terwijl de hoorn laag bestaat uit afgestorven 'gehoornde' cellen, verhoornen betekend dat hoornstof door de eiwitten wordt afgezet, waardoor de cellen stevig en hard worden. Hierdoor wordt de huid voor de meeste micro-organismen niet doorlaatbaar. Op de plekken waar veel wrijving of druk is, worden extra hoorncellen aangelegd, hier ontstaat eelt.

Huidskleur wordt erfelijk bepaald, en is het gevolg van de hoeveelheid zwart pigment melanine dat zich in de verhoornde cellen bevindt. In de kiemlaag zitten de pigmentvormende cellen, **melanocyten**. UV-licht stimuleert de aanmaak van pigment, daarom in de zomer ook een mooi bruin kleurtje. De bruine kleur is niet alleen mooi, maar zorgt er ook voor dat veel van de schadelijke UV-straling wordt geabsorbeerd voordat het schade kan aanrichten aan de celkernen van de dieper gelegen cellen en daarmee kanker kan veroorzaken. Moedervlekken zijn plekken waar veel melanine is opgehoopt.

22.2 Huid en de lichaamstemperatuur

De mens is een warmbloedig organisme met een gemiddelde lichaamstemperatuur van 37 °C, de lichaamstemperatuur loopt van 28 °C (handen en voeten) naar 39 °C. De gemiddelde 37 graden noem je dan ook de **kerntemperatuur**, en de lagere temperaturen zijn de **schiltemperatures**. Tijdens inspanning is de warmteverdeling weer anders. De hypothalamus heeft warmte zintuigen die warmteverschillen opmerken en daarop reageren en de hypothalamus komt aan de buitentemperatuur door warmtezintuigen in de lederhuid. Hoeveel warmte je lichaam kan vasthouden is ook wel de **oppervlakte-inhoud-relatie**. Groot oppervlak weinig inhoud, makkelijk warmte kwijt, klein oppervlak veel inhoud, houdt goed warmte vast.

Als de buitentemperatuur hoger wordt dan de lichaamstemperatuur kan je lichaam de overvloedige warmte moeilijker kwijt, dit gebeurt ook als je ziek bent (koorts) en als je intensief inspanning levert. Om het risico op oververhitting te voorkomen gaat je lichaam minder warmte produceren, hierdoor neemt je cel activiteit af, je wordt dus sloom en futloos. Ook wordt je meestal roder (in je gezicht), dit komt omdat de vaten in je huid gaan opzetten. Maar de belangrijkste methode van het lichaam om af te koelen is **transpireren**, oftewel **zweten**. De zweetklierjes en het verwijden van de bloedvaten staat onder invloed van het **autonome zenuwstelsel**. Je hebt er dus geen invloed op.

Als de buitentemperatuur zo laag is dat je lichaam meer warmte verliest dan het krijgt, dan neemt de cel activiteit juist toe, vernauwen de vaten en meestal trekt de kleur weg uit je gezicht als gevolg daarvan. Je merkt het aan je spieren als je gaat klappertanden of gaat trillen, dat is een manier om meer warmte te produceren. Ook dit gebeurt onder invloed van het **autonome zenuwstelsel**. De hypothalamus op zijn beurt steurt schildklier stimulerende hormonen die op zijn beurt het schildklierhormoon produceert wat de cellen aanzet om meer stofwisseling plaats te laten vinden.

22.3 Aandoeningen aan de huid

Verbrandingen en hun gradaties

Verbrandingen worden ingedeeld in vier gradaties, afhankelijk van de ernst. Eerstegraads verbrandingen veroorzaken pijn en roodheid, terwijl tweedegraads verbrandingen blaren en intense pijn veroorzaken. Ernstiger zijn derde- en vierdegraads verbrandingen, waarbij het zorgwekkend is als er geen pijn is, omdat dit wijst op ernstige schade aan de lederhuid en onderhuids bindweefsel. De omvang van het verbrande gebied beïnvloedt de vochtbalans en homeostase, met een verhoogd risico op infecties.