**Biologie hoofdstuk 9 – Bloedsomloop**

**§9.1 Hart en bloedsomloop**

**Spieren trainen**

Door vaak te trainen moet het hart steeds vaker harder werken waardoor de hartspier toeneemt in dikte en kracht.

**Een hartslag**

Eerst trekken de boezems samen, vervolgens de kamers waarna een korte pauze volgt. Bij een stethoscoop hoor je 2 tonen, de 1e toon is het sluiten van de kleppen tussen de boezems en de kamers, de 2e toon het sluiten tussen kamers en slagaders. Na de 2e toon is er een korte pauze.

1 hartslag heeft 3 fasen:

1. **De passieve vullingsfase.** De kamers en de boezems zijn ontspannen (een diastole). Het bloed gaat door de boezems en de hartkleppen naar de kamers (0,4s).
2. **De boezemsystole.** De boezems persen het laatste beetje bloed in de kamers (0,1s).
3. **De kamersystole.** De kamers persen het bloed in de longslagaders en de aorta. Door de druk sluiten de hartkleppen en gaan de slagaderkleppen open. Zodra de kamers ontspannen daalt de druk tot onder de druk van de slagaders en sluiten de slagaderkleppen.

**Bloedsomloop**

Linker en rechter harthelft gescheiden door een tussenschot waardoor ze allebei een aparte pomp hebben.

**De kleine bloedsomloop:** de rechter harthelft pompt O2-arm bloed door de longslagaders naar de longen. Het O2-rijke bloed komt via de longaders terug naar de linkerboezem.

**De grote bloedsomloop:** de linker harthelft pompt het O2-rijke bloed via de aorta en slagaders naar organen. De O2 gaat naar de cellen in de organen. Het O2-arme bloed stroomt daarna via de aders en de holle ader terug naar de rechter boezem.

De grote bloedsomloop + de kleine bloedsomloop = **de dubbele bloedsomloop.**

**Slagaders** stromen van het hart af en zijn vernoemd naar het orgaan waar ze naartoe stromen. De eerste aftakking van de aorta heet de kransslagader en brengt bloed naar de hartspier.

**Aders** stromen naar het hart toe en zijn vernoemd naar het orgaan waar ze vandaan komen. Kransaders zijn de aders die van het hartspierweefsel afkomen. De ader tussen de darm en de lever heet de poortader en de grote aders naar de rechter boezem heet de holle ader.

**Haarvaten** lopen door de organen.

We hebben een **gesloten bloedsomloop** omdat rode bloedcellen altijd in een bloedvat zitten.

Vissen hebben maar 1 kamer en 1 boezem. O2-arm bloed stroomt eerst naar de kieuwen en daarna naar de rest van het lichaam.

Insecten hebben een spierlaag aan hun rugzijde (de hartbuis). Het bloed heeft geen bloedcellen. De hartbuis pompt het bloed naar de kop. Vanuit daar sijpelt het door de open ruimtes van de cellen heen. De hartkamers in de hartbuis hebben een aanzuigingskracht. 02 nemen insecten op door tracheeën.

**Embryonale bloedsomloop**

Voor de geboorte krijgt een embryo O2 van de moeder via het bloed uit de navelstreng uit de placenta. Dit bloed vermengt met de holle ader van de baby dat O2-arm is. Daardoor krijgt de baby altijd maar half O2-rijk bloed in de rechterkamer.

Het meeste bloed uit de rechter harthelft van een baby stroomt niet naar de longen. Longen spelen nog geen rol in de gaswisseling. Voor de geboorte stroomt het bloed van de rechter boezem naar de linker boezem via het ovale venster. Deze moet bij de geboorte dichtgaan. Er is nog een sluiproute van het bloed, namelijk via de ductus Botalli. Dat is een verbinding tussen de longslagader en de aorta. Daardoor gaat het bloed van de longslagader de aorta in.

Na de geboorte zijn er 5 veranderingen in de bloedsomloop:

1. Baby huilt → lucht in longen → meer bloed toe- en afvoer van en naar de longen.
2. Ovale venster sluit waardoor er meer druk is in de linker harthelft. Door de sluiting gaat al het bloed van de rechterhelft naar de longen.
3. De ductus Botalli sluit. Het overblijfsel is bindweefsel.
4. Het bloedvat tussen de navelstrengader en de holle ader sluit na het afbinden van de navelstreng.
5. De bloedvaten van de navelstreng verschrompelen.

**§9.2 Bloeddruk**

**Extra zwaartekracht**

Bij een te hoge zwaartekracht stroomt er meer bloed naar de benen en dus minder naar het hart en het hoofd. De bloeddruk daalt dus in het hart en het hoofd. Bloeddrukreceptoren in de aorta en de halsslagaders registreren dat. Als reactie daarop vernauwen de slagaders in de benen waardoor er weer meer bloed beschikbaar is voor de rest. Daarbij gaat de hartslagfrequentie weer omhoog. Door deze 2 reacties stijgt de bloeddruk in het hart en het hoofd weer.

**Bloedgolven**

Zodra het bloed vanuit de kamers in de slagader wordt gepompt, verhoogd de bloeddruk in de slagader tijdelijk. Daarbij rekt de wand van de slagader ook mee. Die tijdelijk hoge druk in de slagader is de systolische druk of de **bovendruk**. De elasticiteit van de slagader dempt de drukverhoging en verhoogt de druk na het sluiten van de slagaderkleppen. Zodra de kamers ontspannen in de diastole neemt de bloeddruk weer af tot de basiswaarde dat de diastolische druk of de **onderdruk** heet.

Doordat de wanden van de bloedvaten uitrekken kunnen er kleine littekentjes ontstaan waar vetachtige stoffen aan vast kunnen kleven. Dit heet atherosclerose (=vernauwing of verstijving van de bloedvaten. Hierbij speelt cholesterol een rol. Te hoge concentraties cholesterol kan leiden tot atherosclerose.

**Bloeddrukmeting**

Gebeurt bij de bovenarm, omdat dit ter hoogte van het hart is en de druk dus ook bijna hetzelfde is als in het hart. De manchet wordt opgepompt tot ongeveer 26 kPa, omdat de armslagader dan is dichtgedrukt. Met een stethoscoop hoort men dan niks. Het ventiel van de manchet wordt een beetje opengedraaid. Op een bepaald moment is de druk in de manchet net iets lager dan die van de linker kamer. Men hoort dan het bloed door de slagader stromen. Hij leest dan op de meter de bovendruk af. De druk in de manchet wordt nog iets meer afgenomen. Op het moment dat het bloed ongehinderd door kan stromen is de onderdruk bereikt. Er is dan geen geluid van doorstromend bloed meer te horen.

**§9.3 Regeling hartwerking**

**Hartfilmpje**

Hartfilmpje is een grafiek van de elektrische activiteit in de boezems en de kamers. Deze registratie verloopt via 10 elektroden. De elektrische activiteit begint in de **sinusknoop**. Dit is een gebied met gespecialiseerde spiercellen in de wand van de rechter boezem. De sinusknoop vuurt in een vast tempo. Zenuwen die zijn aangesloten op de sinusknoop kunnen het tempo aanpassen. Door het elektrische stroompje van de sinusknoop trekken de spierweefsels in de buurt samen. Je krijgt weer een elektrisch stroompje als een spiervezel samentrekt waardoor er meer spiervezels samentrekken. Het gevolg is dat de boezems samentrekken. Al deze stroompjes zijn het eerste gedeelte van het ecg.

De elektrische stroom bereikt als 2e een gebied in het hart met gespecialiseerde cellen die de **AV-knoop** heten. Deze liggen in het tussenschot tussen de kamers. Hier wordt de snelheid van de stroomgeleiding afgenomen. Daardoor trekken de kamers later samen dan de boezems.

Vanuit de AV-knoop naar de hartpunt loopt een bundel met geleidingscellen die de **bundel van His** wordt genoemd. Vanuit de bundel van His verspreiden de signalen in Purkinjevezels over de want van de kamers. Daardoor treedt de kamersystole op . Dit gebeurt dus vanuit de hartpunt naar boven.

**Ecg pieken**



P-top: samentrekken boezems.

QRS-complex: samentrekken van de kamers.

T-top: elektrische activiteit die ontstaat bij het ontspannen van de kamervezels.

Stukje tussen P-top en QRS-complex: het gevolg van de vertraging van de AV-knoop.

Herstel boezems is niet te zien, omdat dat samenvalt met de samentrekking van de boezems.

Verhoogde lijn tussen S-punt en T-top: minder spierweefsel als gevolg van het afsterven van spierweefsel. Dit kan door een verstopping van kransslagaders.

**Hoeveelheid bloed**

Sinusknoop is ook wel een natuurlijke pacemaker. Hartslag in rust is ongeveer 70-80 slagen per minuut. Beide kamers pompen dan bij elke slag zo’n 70ml bloed in de slagader. Per minuut is dat 70 x 70 = 4900ml = 4,9 l. Dit is het hartminuutvolume in rust. Het slagvolume neemt bij inspanning toe en het hartminuutvolume dan dus ook.

**Bloedverdeling**

Bij inspanning kan het hartminuutvolume soms wel oplopen tot 25 l. De verdeling van het bloed veranderd dan ook, omdat sommige organen prioriteit hebben. Veranderen in bloedverdeling gaat via kringspiertjes rond kleine slagaders. Die spiertjes trekken dan samen in organen waar meer bloed nodig is. Waar minder bloed nodig is ontspannen ze juist. Hierbij speelt je zenuwstelsel een rol.

**§9.4 Stoffentransport**

**Bloedsamenstelling**

Meeste stoffen die bloed vervoert zijn opgelost in het bloedplasma (zouten, voedingsstoffen, afvalstoffen, hormonen, kleine hoeveelheid gassen).

Bloedplasma bevat ook rode en witte bloedcellen en bloedplaatjes, die ontstaan in het beenmerg. Elke dag ontstaan door het beenmerg 2 x 1011 nieuwe rode bloedcellen. Er worden even veel rode bloedcellen afgebroken in de lever en milt. Rode bloedcellen transporteren O2 en CO2. Witte bloedcellen zijn betrokken bij de afweer tegen ziekteverwekkers. Bloedplaatjes zijn nodig bij de bloedstolling.

**Zuurstoftransport**

Rode bloedcellen transporteren ongeveer 200 ml O2/l. Ze hebben geen kern en ook sommige andere organellen ontbreken zodat ze meer plaats hebben voor hemoglobinemoleculen (4 eiwitketens + per eiwit een heemgroep met Fe2+ dat het rood maakt). Aan een heemgroep kan O2 binden (evenwichtsreactie Hb + O2  HbO2 (oxihemoglobine)). Deze oxigeneratie is makkelijk te verbreken.

In de longen is een hoge ρO2(partiële O2-spanning). Het evenwicht in de reactie verschuift naar rechts waardoor de hemoglobine voor 96% verzadigd is met O2. De oxigeneratie wordt verbroken in de weefsels. De ρO2 in de weefsels is laag. Het evenwicht verschuift naar links en het HbO2 daalt naar 20%. Het bloed geeft dus 76% O2 af.

**Zuurstoftekort**

Sporters trainen vaak op grote hoogste zodat het lichaam door de lage ρO2 meer rode bloedcellen gaat ontwikkelen. In de cockpit bij piloten heerst een kunstmatige druk en heb je maskers voor als die wegvalt.

**Zuurstofafgifte**

In weefsels die hard werken wordt er minder oxihemoglobine vastgehouden. Ze produceren meer CO2. De hoge concentratie CO2, de ρCO2 beïnvloed het evenwicht Hb + O2  HbO2.

Een hogere concentratie CO2 leidt tot een lagere PH. Dit komt door de reactie met water op CO2: CO2 + H2O  H2CO3 (koolzuur)  HCO3- (waterstofcarbonaat) + H+. Een lagere PH leidt tot minder O2-bindingen aan hemoglobine. De PH verschuift van 7,6 na 7,2.

In hardwerkende spieren is een hogere temperatuur. Dit leidt tot een lager percentage oxihemoglobine. De extra O2-afgifte door hemoglobine vanwege een hoge ρCO2, een lage PH en een hoge temperatuur heet het Bohr-effect.

Spiercellen kunnen reserve O2 binden aan myoglobine (1 globineketen, 1 heemgroep). Myoglobine bindt O2 sterker dan hemoglobine. Bij een lage ρO2 geeft het extra O2 af.

**Koolstofdioxidetransport**

95% van het CO2 bindt zich aan rode bloedcellen. 25% bindt als CO2 aan hemoglobine tot carbaminohomoglobine (HbCO2). De overige 70% reageert met H2O tot H2CO3. Dit gaat snel door het enzym koolzuurandyhase. H2CO3 splitst in HCO- en H+. De H+-ionen binden zich aan de heemgroepen tot HbH. De HCO- gaat het bloedplasma in. Cl—ionen gaan vanuit het bloedplasma de rode bloedcellen in om het ladingsverschil op te heffen. In de haarvaten van de longen verloopt dit proces precies andersom.

**Bloed PH**

Zonder rode bloedcellen komt al het CO2 in het bloedplasma terecht en daalt de PH tot 3. Doordat her meeste H+ ionen gebonden worden aan hemoglobine gebeurt dit niet. Andere eiwitten binden ook H+-ionen. Daardoor zijn hemoglobine en andere eiwitten bufferende stoffen en werken als PH-buffer. De minimaal dalende PH en de hogere ρCO2 zijn bij inspanning prikkels om sneller te ademen. Dit versnelt de afvoer van CO2. De lagere ρO2 is van invloed op het regelen van de ademhalingssnelheid. Het gevoel van benauwdheid komt dus vooral door de toenemende CO2 concentratie.

**§9.5 Bloedvaten**

**Verschillende bloedvaten**

Alle aders en slagaders bestaan uit 3 lagen (van binnen naar buiten):

1. Dekweefsel (endotheel) dat 1 cellaag dik met het basaalmembraan (eiwitten met sterke collageenvezels) als bescherming.
2. Elastisch bindweefsel en glad spierweefsel.
3. Bindweefsel

Haarvaten bestaan slechts uit 1 laag dekweefsel met een basaalmembraan met collageenvezels eromheen.

Dekweefselcellen zijn in grote bloedvaten glad en zorgen voor weinig weerstand. In de haarvaten zitten er kleine openingen in waardoor het bloed langzaam stroomt en er veel stoffen uitgewisseld kunnen worden.

Slagaders hebben een sterke elastische wand en zijn erop gemaakt om een hoge bloeddruk aan te kunnen.

Aders hebben een vrij slappe wand. Skeletspieren zorgen ervoor dat de aders leeg geperst worden. De kleppen in de aderen zorgen ervoor dat het bloed niet de verkeerde kant op gaat stromen.

**Beschadigingen**

Als je ouder wordt ontstaan er dikkere plaques van vetachtige stoffen: atherosclerose. Dit veroorzaakt een hogere bloeddruk en verstopt de bloedvaten. Atherosclerose is tegen te gaan door een gezonde leefstijl. Kleine beschadigingen kunnen leiden tot littekens die het ontstaan van plaque weer bevorderen.

**Reparatie**

Bloedplaatjes spelen een grote rol bij de reparatie. Ze hechten aan de beschadigde collageenvezels van het basaal membraan rond het dekweefsel. Dit wordt plakkerig en zorgt voor een prop. Dit voorkomt bloedverlies. Ze geven ook stoffen af aan het bloed waardoor spieren in de haarvaten samentrekken. Daardoor stroomt er minder bloed in het beschadigde haarvat.

In het bloed vinden omzettingen plaats die leiden tot bloedstolling. De plaatjesfactor komt vrij uit bloedplaatjes die kapotgegaan zijn. Uit beschadigde weefselcellen komt tromboplastine vrij. Samen zetten ze een reeks reacties in gang. Er volgt een cascade (elk product werkt als enzym om het volgende molecuul te activeren). Een aantal stollingsfactoren (vitamine K en Ca2+-ionen) spelen een rol. Aan het eind van de cascade ontstaat trombine uit protrombine. Dat zet het oplosbare fibrinogeen om in onoplosbare fibrinedraden. Deze draden zorgen voor een soort net rond de wond. In dit net raken meer bloedplaatjes en rode bloedcellen gevangen. Na ongeveer een half uur trekt het net samen en heb je een korstje of stolsel. Na verloop van tijd breken de fibrinedraden af onder invloed van fibrinolysine tot het oplosbare fibrinogeen. Als er meer collageenweefsels moeten komen en je een onregelmatige weefselstructuur hebt krijgt je een litteken. Een litteken geeft de bloedvatwand minder elasticiteit waardoor een hogere bloeddruk kan ontstaan.

**Weefselvloeistof**

De bloeddruk in de haarvaten veroorzaakt de filtratie van bloedplasma het haarvat uit. Opgeloste stoffen gaan door de dekweefselcellen mee naar buiten. De bloeddruk heet hier de filtratiedruk. Deze neemt hoe verder in het haarvat hoe meer af.

Buiten het bloedvat heet het bloedplasma weefselvloeistof (vloeistof dat cellen omgeeft). Grotere moleculen en bloedcellen kunnen niet mee naar het weefselvloeistof. Daardoor staat een hogere osmotische waarde in het bloedvat ten opzichte van het weefselvloeistof. Dat veroorzaakt een colloïd-osmotische druk waardoor het vocht terug naar het haarvat stroomt.

**Lymfe**

De netto filtratiedruk is hoger dan de netto colloïd osmotische druk. Daardoor komt niet alle weefselvloeistof in de haarvaten terecht. Dit weefselvloeistof maakt een omweg terug naar het bloedplasma. Dit gebeurt via de lymfevaten. Weefselvloeistof komt door kleine openingen in de lymfevaten waar de vloeistof nu lymfe heet. Rode bloedcellen en bloedplaatjes komen niet voor in de lymfe. Het transport in de lymfevaten gaat op dezelfde manier als in aders, namelijk door spierbewegingen van omringende spieren. Kleppen zorgen voor eenrichtingsverkeer. Door steeds grotere lymfevaten komt de lymfe uiteindelijk via de ondersleutelbeenaders terug in de bloedsomloop. Onderweg stroomt lymfe door lymfeknopen. Die bevatten veel witte bloedcellen die belangrijk zijn voor het afweersysteem.