§1 Transportsystemen

Bij de meeste dieren verloopt het transport circulair: een vloeistof met daarin opgeloste stoffen stroomt rond 🡨 pomp (hart). Bij eencellige (of maar enkele cellagen) organismen vindt transport van stoffen plaats over kleine afstanden 🡨 diffusie. Grote planten en dieren: netwerk van buisjes. Geleedpotigen: open circulatiesysteem met buisvormig hart 🡨 lichaamsvloeistof beweegt rond organen. Andere diersoorten: bloedomloop (gesloten transportsysteem 🡪 bloed gescheiden van andere lichaamsvloeistoffen) 🡨 effectiever. Enkelvoudige bloedsomloop (vis): bloed stroomt één keer door het hart. Bloed dat van organen naar hart stroomt verzamelt in boezem (atrium) 🡪 boezem pompt bloed naar kamer (ventrikel) 🡪 kamer pompt bloed naar kieuwen. Dubbele bloedsomloop (mens): linkerharthelft (zuurstofrijk) en rechterharthelft (zuurstofarm) 🡨 hogere druk. Bloedsomloop zorgt voor homeostase door opgeloste stoffen te transporteren en vrijgekomen warmte van dissimilatie te verdelen. Kleine bloedsomloop: rechterharthelft 🡪 longen 🡪 linkerharthelft (CO2 afstaan en O2 opnemen). Grote bloedsomloop: linkerharthelft 🡪 rest van lichaam 🡪 rechterharthelft (O2 en voedingsstoffen afstaan en CO2 en afvalstoffen opnemen).

Amfibieën: eenkamerhart 🡪 deel van bloed vanuit hart naar de longen en naar de huid 🡨 zuurstofopname in het bloed. Rest van bloed gaat via lichaamsslagader (aorta) naar het lichaam. Reptielen: onvolledige tussenwand. Als het dier niet ademt: bloed kan vanuit beide harthelften naar beide aorta’s stromen. Dier ademt wel: druk in longhaarvaten laag en rechterdeel van hart trekt net iets eerder samen dan linkerdeel 🡪 grootste deel zuurstofarme bloed naar longen. Zoogdieren en vogels: volledig gescheiden dubbele bloedsomloop.

Foetus krijgt O2 en voedingsstoffen via placenta. Voor geboorte: tussen rechter- en linkerboezem een opening: ovale venster 🡪 groot deel van het bloed stroomt via de opening van rechterboezem naar linkerboezem 🡪 aorta. Verbinding longslagader en aorta: ductus arteriosis (ductus Botalli) 🡪 grootste deel bloed dat door rechterkamer wordt weggepompt komt via ductus arteriosis in aorta terecht. Direct na geboorte vullen longen zich met lucht 🡪 weerstand longhaarvaten neemt af 🡪 bloed stroomt gemakkelijker vanuit rechterkamer naar longhaarvaten 🡪 bloeddruk rechterboezem en -kamer daalt. Bloeddruk linkerboezem en -kamer stijgt door aanvoer bloed vanuit longen 🡪 ovale venster sluit door klep 🡪 klep vergroeit snel met tussenwand. Ductus arteriosis, navelstrengslagaders en navelstrengaders verschrompelen en verdwijnen.

§2 Het hart

Hart: iets naar links onder borstbeen, dubbele pomp, spier. Kransslagaders (aftakkingen aorta) voorzien het hartspierweefsel van O2 en voedingsstoffen. Kransaders voeren CO2 en afvalstoffen af (monden rechtstreeks uit in rechterboezem). De harttussenwand scheidt de linker- en rechterharthelft. Bloed komt het hart binnen via onderste en bovenste holle ader, die uitmonden in de rechterboezem 🡪 rechterkamer 🡪 longslagader 🡨 vertakt zich naar beide longen. Bloed uit longen stroomt via longaders naar het hart en komt in de linkerboezem terecht 🡪 linkerkamer 🡪 aorta 🡪 via slagaders (die aftakken van aorta) naar rest van het lichaam. Boezems en kamers zijn gescheiden door hartkleppen. Aan het begin van longslagader en aorta bevinden zich halvemaanvormige kleppen.

Werking van het hart: drie fasen. 1. Systole: samentrekking hartspierweefsel, 2. Diastole: ontspanning hartspierweefsel. 3. Hartpauze. Systole boezems vindt in beide harthelften tegelijkertijd plaats 🡨 in de kamer op dat moment diastole. Kamers volgestroomd: systole van de kamers 🡪 druk in kamers stijgt 🡪 hartkleppen slaan dicht. Hartkleppen zijn verbonden door pezen met spieren in de hartwand (niet doorslaan). Tijdens systole kamers: diastole boezems. Druk in kamers > druk in aorta en longslagader 🡪 halvemaanvormige kleppen opengedrukt. Hartpauze: boezems en kamers ontspannen 🡨 bloed stroomt uit holle aders en longaders in boezems gedeeltelijk door naar kamers. Harttonen: doffe (dichtslaan van hartkleppen bij begin samentrekking kamers) en heldere (dichtslaan halvemaanvormige kleppen bij einde van samentrekking) harttonen. Als kleppen niet goed sluiten of als er een gaatje in de wand zit tussen boezems of kamers zit, kan je hartruis horen.

Samentrekking hartspierweefsel wordt veroorzaakt door de sinusknoop (groep gespecialiseerde cellen in wand van rechterboezem). Vanuit sinusknoop impulsen naar wand beide boezems (systole boezems). Door een laag bindweefsel in wand tussen boezem en kamers impulsen niet direct verder geleid naar kamers. Tussen rechterboezem en rechterkamer: atriumventrikelknoop (AV-knoop). Vanuit AV-knoop loopt de bundel van His door de harttussenwand in de richting van de punt van beide kamers. Aan einde systole boezems komen de impulsen in AV-knoop aan. Samentrekking begint bij de naar beneden gerichte punt en zet zich voort naar boven toe. Hartslagfrequentie (of hartritme): snelheid waarmee de sinusknoop impulsen afgeeft. Hoger hartritme is nodig om bloeddruk op peil te houden. Bloeddruk: negatieve terugkoppeling. In wand van halsslagaders en aorta: zintuigcellen die bloeddruk waarnemen en doorgeven aan hersenstam. Er geldt: bloeddruk daalt 🡪 hartritme stijgt 🡪 bloeddruk stijgt 🡪 hartritme daalt 🡪 bloeddruk daalt. Adrenaline kan ook zorgen voor stijging hartritme. Hartritmestoornissen: boezems of kamers trekken te snel/langzaam of onregelmatig samen. Oorzaak ligt in vorming of geleiding impulsen. Pacemaker herstelt normaal hartritme met elektrische impulsen. Hartslagfrequentie is afhankelijk van lichaamsgrootte (kleiner lichaam 🡪 hogere hartslagfrequentie (baby 130 bpm en volwassene 70 bpm)). Slagvolume: hoeveelheid bloed per hartslag dat in de aorta wordt gepompt (volwassenen in rust 70-100 mL) 🡨 afhankelijk van hoeveelheid bloed die vanuit de holle aders de rechterboezem instroomt.

§3 Het bloedvatenstelsel

Via slagaders (arteriën) stroomt het bloed naar de organen toe. Door het kloppen van het hart gaat dit stootsgewijs. Wanden van slagaders zijn dik, stevig en elastisch. Zie BiNaS 84C2 voor de bouw van bloedvaten (endotheel: dekweefsel). In de organen vertakken de slagaders zich in steeds fijnere bloedvaten (arteriolen) 🡪 wand bloedvaten steeds dunner. Wand bestaat voor groot deel uit glad spierweefsel 🡪 bloedvaten kunnen zich makkelijk vernauwen (vasoconstrictie) of verwijden (vasodilatatie) 🡨 regeling hoeveelheid bloed door weefsel. Arteriolen vertakken zich tot haarvaten (capillairen) 🡨 wand bestaat uit één laag cellen 🡪 vocht met voedingsstoffen en O2 kan de haarvaten verlaten en bij de cellen komen. CO2 en andere afvalstoffen van cellen kunnen door dunne wand in de haarvaten terechtkomen. Haarvaten verenigen zich tot venulen 🡪 aders (venen) 🡪 bloed naar hart. Wanden van aders zijn minder elastisch en dunner, bloeddruk is lager dan in slagaders. Aderkleppen laten het bloed in één richting door. In de aders voel je geen hartslag. Hoeveelheid bloed die door een haarvatennet stroomt is o.a. afhankelijk van de activiteit van het weefsel 🡪 vasoconstrictie en vasodilatatie (grote lichamelijke inspanning: verwijding arteriolen in skeletspieren, hart en huid, in andere delen worden arteriolen nauwer). Op veel plaatsen waar arteriolen overgaan in haarvaten bevinden zich kringspiertjes. In de meeste weefsels kan het haarvatennet bloed ontvangen uit veel verschillende arteriolen, behalve bij hartspierweefsel. Slagaders en aders hebben in de regel de naam van het orgaan waar ze bloed naartoe/vandaan voeren. Poortader (vervoert bloed uit darmwand (behalve endeldarm) naar lever) = uitzondering. Lever ontvangt ook bloed van leverslagader. In darmwand vindt resorptie van voedingsstoffen plaats 🡪 bloed in poortader varieert van samenstelling. Hormonen uit alvleesklier regelen of lever glucose afgeeft/opslaat 🡪 lever en alvleesklier zorgen voor homeostase.

Bloeddruk (bovendruk/onderdruk in mm Hg): druk die het bloed uitoefent op wand bloedvaten 🡨 oorzaak: samentrekken hartkamers. Halvemaanvormige kleppen open 🡪 bloeddruk hartkamers gelijk aan die in aangesloten slagaders. Bovendruk (systolische druk): hartkamers trekken samen. Onderdruk (diastolische druk): hartpauze. Voortdurend hoge bloeddruk (hypertensie): wanden van slagaders veren onvoldoende mee bij samentrekken hartkamers bv. door slagaderverkalking 🡪 atherosclerose 🡪 ruwe binnenkant bloedvaten 🡪 bloedplaatjes kapot 🡪 bloedstolsels 🡪 trombose. Vertakkingen kransslagader verstopt 🡪 deel van hartspier krijgt geen O2 en voedingsstoffen: hartinfarct.

In BiNaS 84D3 is de relatie te zien tussen bloeddruk, stroomsterkte, ECG en harttonen. In de stroomrichting van het bloed neemt de bloeddruk voortdurend af. Grote totale doorsnede van bloedvaten 🡪 lage stroomsnelheid 🡪 goede uitwisseling stoffen tussen bloed en omringende omgeving. In armen en benen is bloeddruk te laag om bloedstroom op gang te houden 🡪 in benen liggen aders tegen slagaders 🡨 kloppende slagaders veroorzaken een stootsgewijze druk op het bloed in de aders. Ook beenspieren die samentrekken, kunnen het bloed uit een ader wegdrukken.

Verandering in bloeddruk: baroreceptoren (in wand halsslagaders en aorta) geven informatie door aan hersenstam 🡪 via autonome zenuwstelsel wordt het hartritme/slagvolume aangepast of kan vasoconstrictie of vasodilatatie veroorzaken.

§4 Het bloed

55% bloed: bloedplasma: water met opgeloste stoffen en plasma-eiwitten: albuminen 🡨 transport van stoffen (bv. hemoglobine) en osmoseregulatie, globulinen 🡨 transport van stoffen (bv. vetten) en immuniteit (antistoffen) en fibrinogeen 🡨 bloedstolling. Bloedplasma vervoert: O2, voedings- en afvalstoffen en regelende (hormonen/enzymen) en beschermende stoffen (antistoffen). Stoffen die niet goed oplossen in het bloedplasma binden aan globulinen en vormen zo lipoproteïnen. Bloedplasma: constant houden intern milieu, heeft constante temperatuur 38˚C, pH=7.4, osmotische waarde=0,9% NaCl-oplossing. Plasma-eiwitten zijn belangrijk bij handhaving osmotische waarde, pH van het bloed en bloeddruk.

Rode beenmerg: sponsachtig materiaal in holten van botten (vooral in wervels, platte beenderen en uiteinden van pijpbeenderen) 🡨 rode en witte bloedcellen en bloedplaatjes ontstaan hier. Naast rode beenmerg: geel beenmerg 🡪 vetcellen.

Rode bloedcellen: dikker aan rand, dunner in het midden; geen celkern; aanmaak gestimuleerd door epo (afhankelijk van zuurstofvoorzienig: minder zuurstof 🡪 meer epo 🡪 meer rode bloedcellen). Rode bloedcellen bevatten hemoglobine (geeft rode kleur): rol bij transport CO2 en O2; bevat ijzeratomen; bij bloedarmoede bevat het bloed niet voldoende hemoglobine. Bij afbraak (in rode beenmerg, milt en lever) rode bloedcellen komt ijzer vrij, deze wordt gebruikt bij aanmaak nieuwe rode bloedcellen.

Bloedplaatjes (trombocyten): delen van uiteengevallen cellen 🡨 bloedstolling (bloed klontert en wordt hard). In BiNaS 84O wordt bloedstolling beschreven. Bloedvat kapot 🡪 bloedvat wordt nauwer 🡪 aan beschadigde dus ruwe wand ontstaat propje van bloedplaatjes 🡪 bloedplaatjes vallen uiteen 🡪 stoffen komen vrij (trombokinase: bevordert omzetting van inactieve pro-enzym protrombine in trombine 🡪 fibrinogeen uit bloedplasma wordt omgezet in fibrine 🡪 netwerk van draden waartussen bloedcellen blijven hangen) 🡨 ook uit beschadigde cellen bloedwand komen stoffen vrij 🡪 bloedstolsel ontstaat door keten van reacties 🡪 steeds meer bloedplaatjes blijven kleven 🡪 bloedplaatjes vallen uiteen 🡪 bloedstolsel sluit wond geheel af 🡪 fibrinedraden trekken zich samen waarbij de randen van de wond naar elkaar toe worden getrokken 🡪 uit stolsel wordt vloeistof geperst: bloedserum: bloedplasma zonder fibrinogeen 🡪 indroging zorgt voor korstje 🡪 fibrinedraden afgebroken: korstje laat los.

Witte bloedcellen (leukocyten): afweer tegen ziekten; hebben geen vaste vorm 🡪 kunnen door wand haarvaten heen; meeste witte bloedcellen bestrijden bacteriën door deze in te sluiten (fagocytose) 🡨 als witte bloedcellen hierbij doodgaan ontstaat etter of pus (hier zitten nog bijna altijd levende bacteriën in; andere witte bloedcellen produceren antistoffen die ziekteverwekkers onschadelijk maken of zorgen ervoor dat na een infectie de resten van dode cellen worden opgeruimd.

§5 Weefselvloeistof en lymfe

Aan het begin van een haarvat is de bloeddruk hoger dan de druk in het omliggende weefsel 🡪 filtratie: deel van bloedplasma wordt uit de haarvaten het weefsel in geperst (kracht: filtratiedruk). Als het weefsel buiten de haarvaten is, wordt dit weefselvloeistof genoemd. Weefselvloeistof bevat: O2, voedingsstoffen, hormonen en kleine plasma-eiwitten. Witte bloedcellen kunnen ook in weefselvloeistof terechtkomen. Weefselvloeistof bevindt zich tussen de cellen van de weefsels. Cellen nemen door diffusie O2 en voedingsstoffen (🡨 soms ook actief transport) op. CO2 diffundeert in tegengestelde richting.

De wand van een haarvat is niet doorlaatbaar voor grote (eiwit)moleculen 🡪 osmotische waarde in bloedplasma wordt verhoogd. Eiwitten in bloed: colloïden: grote deeltjes die zweven in een vloeistof. Colloïd-osmotische druk ontstaat door het verschil in eiwitconcentratie tussen bloedplasma en weefselvloeistof. Wanneer de bloeddruk lager is dan colloïd-osmotische druk, wordt de weefselvloeistof (met CO2 en door cellen geproduceerde afvalstoffen) opgenomen in de haarvaten (BiNaS 84G). Overtollig weefselvloeistof (lymfe) wordt opgenomen in fijne lymfevaten. Lymfe: bevat o.a. CO2 en andere afvalstoffen, hormonen, antistoffen en een deel van de zuurstof en voedingsstoffen die niet door de cellen zijn opgenomen; kan ook witte bloedcellen bevatten; kleppen in lymfevaten zorgen voor de stroming in één richting; samentrekkingen van spieren die vlakbij een lymfevat liggen, zorgen voor de stroming van lymfe. Lymfevaten maken deel uit van het lymfesysteem (BiNaS 84N). In lymfeknopen (lymfeklieren) komen verschillende aanvoerende lymfevaten samen. Hier wordt de lymfe gezuiverd van o.a. ziekteverwekkers. Alle lymfe komt uiteindelijk terecht in twee grote lymfevaten: rechterlymfestam en borstbuis. Deze monden uit in aders onder sleutelbeenderen. Bij een oedeem hoopt weefselvloeistof zich op in weefsels 🡪 oorzaken: na infectie kan door afsterven cellen eiwitconcentratie stijgen; eiwitconcentratie is te laag; door infectie met parasieten kunnen lymfevaten verstopt raken; te hoge bloeddruk.