

15.4 Olika cirkulationssystem

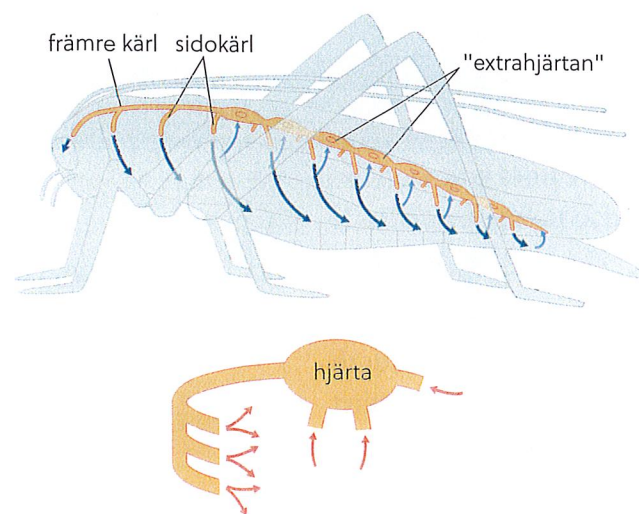
Transport av ämnen

För att transportera syrgas och näringsämnen till kroppens celler, samt föra bort avfallsämnen från dessa, har flera olika lösningar utvecklats genom evolutionen. Det finns både encelliga djur och flercelliga djur som inte alls har ett cirkulationssystem. Det behövs helt enkelt inte eftersom de är så små att diffusionen räcker för att transportera ämnen. Förutom att transportera syrgas och näringsämnen behöver cellerna kommunicera med varandra och mycket av den kommunikationen sker via cirkulationssystemet. Små ryggradslösa djur har oftast ett öppet cirkulationssystem medan större djur, inklusive alla ryggradsdjur, har ett slutet system. Generellt gäller att ett stort, jämnvarmt djur behöver ett snabbare cirkulationssystem än ett litet, växelvarmt djur. Alla system använder sig också av någon form av pump – för större djur ett hjärta i kombination med skelettmuskulatur, och för en del mindre djur, med hjälp av musklerna runt kärlen.

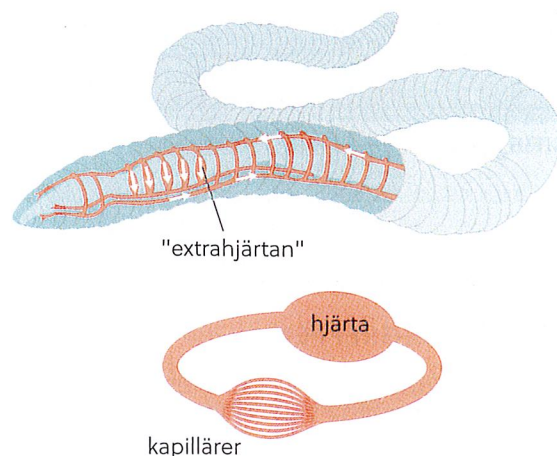
Öppet cirkulationssystem

öppet cirkulationssystem
– blodet cirkulerar både i kärl och öppna hålrum.

Ett **öppet cirkulationssystem** finns bland annat hos leddjur, som insekter och kräftdjur, och innebär att blodet cirkulerar i både kärl och öppna hålrum, där det kommer i direkt kontakt med cellerna. Insekter har ett långsträckt ryggekärl som är bitvis uppdelat i segment som fungerar som flera hjärtan i rad med muskelförsedda väggar. Vid varje segment finns öppningar i hjärtat med klaffar, som enkelriktar blodet framåt. Blodet transporteras runt med hjälp av kroppsmuskulaturen. Hos insekter är det inte blodet som transporterar syrgas, det



Insekter har ett öppet cirkulationssystem, och deras vävnader och celler har direktkontakt med luften genom trakéer. En lång rad med hjärtan, ett per kroppssegment, pumpar runt hemolymfan.



Daggmaskar har ett slutet cirkulationssystem. Diffusion av gaser sker direkt mellan blodkärlen närmast huden och omgivningen. Större kärl fungerar som hjärtan.

gör trakésystemet. Insekternas blod är blandat med vävnadsvätska och kallas **hemolymfa**. Insekter kan även ha extrahjärtan vid vingarna. Blodtrycket i det öppna systemet är ojämnt och varierar med musklernas arbete och extrahjärtans slag. Hos många musslor, snäckor och kräftdjur transporteras syrgasen i blodet av ett protein som heter hemocyanin. Proteinet innehåller koppar som färgar blodet blått när det binder syrgas. Hos däggdjur och fåglar är blodet istället rödfärgat av de järnjoner som ingår i det syretransporterande **hemoglobinet**.

hemolymfa – vätska som transporterar näringsämnen, syrgas och koldioxid i ett öppet cirkulationssystem.

hemoglobin – protein i de röda blodkropparna som transporterar syrgas och koldioxid.

Slutet cirkulationssystem

I ett **slutet cirkulationssystem** cirkulerar blodet hela tiden i kärl. Ett slutet cirkulationssystem är nödvändigt för större djur eftersom transporten behöver vara snabbare och trycket både högre och jämnare än hos mindre djur. Den snabba transporten minskar även behovet av en stor blodvolym, vilket är särskilt viktigt för exempelvis fåglar, som behöver hålla vikten låg för att kunna flyga effektivt. Även om blodomloppet är effektivt är det inte helt perfekt och på grund av trycket i blodkärlen sipprar en del vätska ut i vävnaderna. Den del som inte kan sippra tillbaka samlas istället upp i lymfkärl, som så småningom mynnar i de stora blodkärlen nära hjärtat. Lymfkärlssystemet har två funktioner där en alltså är dränering av vätska som har läckt ut i vävnaderna. Den andra är att hjälpa till med kroppens försvar. Under evolutionen har olika slutna cirkulationssystem utvecklats hos ryggradsdjuren. En första indelning är i enkelt respektive dubbelt blodomlopp.

slutet cirkulationssystem
– blodet cirkulerar i kärl.

Enkelt blodomlopp

I ett **enkelt blodomlopp**, som förekommer hos fiskar, tar blodet upp och avger syrgas under samma varv. Det enkla blodomloppet är långsammare än det dubbla. Det är inget problem eftersom kravet på snabb transport är lägre hos växelvarma djur än hos jämnvarma djur. Även fiskarnas blodtryck är väsentligt lägre än hos djur med dubbelt blodomlopp.

enkelt blodomlopp – blodet passerar hjärtat en gång per varv genom kroppen. Vanligt hos fiskar.

Fiskhjärtat är tvårummigt med ett förmak och en kammare, och mellan dem finns klaffar som förhindrar att blodet rinner baklänges. Från hjärtats kammare pumpas blodet genom gälarna, där gasutbytet sker. Efter gälarna förs syresatt blod ut till kroppen, för att så småningom återvända till hjärtats förmak.

Dubbelt blodomlopp

För att liv på land skulle bli möjligt krävdes en utveckling mot ett effektivare cirkulationssystem. Alla landlevande ryggradsdjur har därför någon form av **dubbelt blodomlopp**. Dubbelt innebär att det finns ett lungkretslopp och ett kroppskretslopp. I lungkretsloppet syresätts transporterat syrefattigt blod ifrån hjärtat och syresätts i lungorna, innan det återvänder till hjärtat. Sedan pumpas det syresatta blodet ut till kroppens alla celler via kroppskretsloppet, innan det återvänder till hjärtat med syrefattigt blod igen. Med ett dubbelt kretslopp minskar det tryckfall som uppstår i kroppens minsta blodkärl.

dubbelt blodomlopp – blodet passerar hjärtat två gånger per varv genom kroppen. Först via lungorna och sedan via resten av kroppen.

Amfibier samt ormar, ödlor och sköldpaddor är växelvarma och har ett hjärta



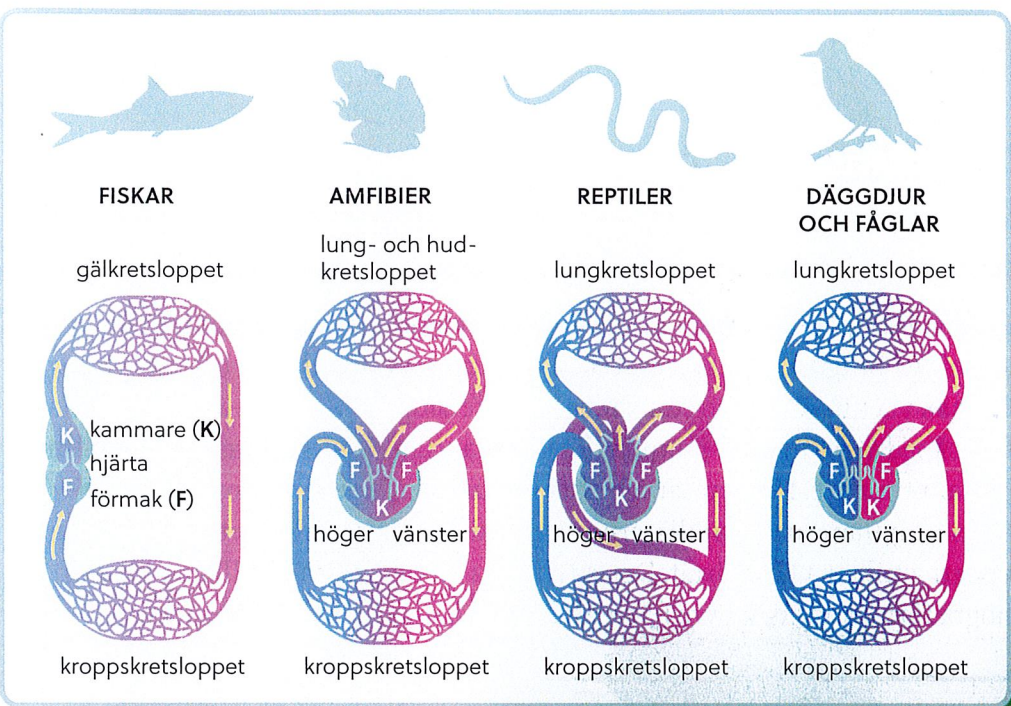
Krokodilen kan, till skillnad från däggdjuren, stänga av blodflödet till lungorna när den dyker. Den gör alltså då om sitt hjärta från ett fyrrummigt till ett trerummigt.

med tre rum – två förmak och en kammare. En nackdel med ett sådant hjärta är att syrerikt och syrefattigt blod till viss del blandas. Med den här konstruktionen kan djuren spara energi genom att stänga av lungkretsloppet när de exempelvis dyker.

Däggdjur, fåglar och krokodiler har ett hjärta med fyra rum. Den högra halvan med sitt förmak och kammare sköter lungkretsloppet och den vänstra kroppskretsloppet. Detta innebär att syrerikt blod aldrig blandas med syrefattigt blod. Krokodilerna är ett specialfall. De har ett hjärta med fyra rum, men precis som övriga reptiler kan de stänga av blodflödet till lungorna under dykning.

Förhållandet mellan kroppens yta och volym påverkar effektiviteten i cirkulationssystemet. Det märks tydligt när man jämför hjärtfrekvensen hos djur av olika storlek. Ett näbbmushjärta måste slå 500 slag per minut för att försörja djuret med energi, medan det räcker med 30 slag per minut för en elefant. Själva storleken på hjärtat i förhållande till kroppsvolymen är istället mer beroende av hur djuret lever. En fågel, till exempel, har oftast ett hjärta som är dubbelt så stort som människans i förhållande till kroppsvolymen. Flygning förbrukar mycket energi och syrgas som snabbt måste kunna transporteras ut till kroppens vävnader.

Utvecklingen mot ett fullständigt, dubbelt blodomlopp verkar ha gått hand i hand med utvecklingen mot att bli jämnvarm. Däggdjuren och fåglarna, som båda är jämnvarma, härstammar från olika reptiler, men har oberoende av varandra utvecklat ett dubbelt blodomlopp. Här ser vi ett exempel på konvergent evolution.



Cirkulationssystem hos olika grupper av djur, som alla har slutna system.



Näbbmusen, som bara väger omkring 10 gram, har en stor kroppsyta i förhållande till sin kroppsvolym. Det lilla hjärtat slår snabbt och den måste äta mycket, relativt sin vikt, för att överleva.

15.4 Testa dina baskunskaper

FÖRKLARA BEGREPPEN

- öppet cirkulationssystem
- hemoglobin
- enkelt blodomlopp
- hemolymfa
- slutet cirkulationssystem
- dubbelt blodomlopp

SVARA PÅ FRÅGORNA

1. Hur fungerar insekters cirkulationssystem?
2. Vilka möjligheter ger ett slutet cirkulationssystem jämfört med ett öppet?
3. Hur färdas blodet i fiskars enkla blodomlopp?
4. Två, tre eller fyrrummiga hjärtan – vilka djurgrupper har vilket hjärta?

15.5 Människans cirkulationssystem

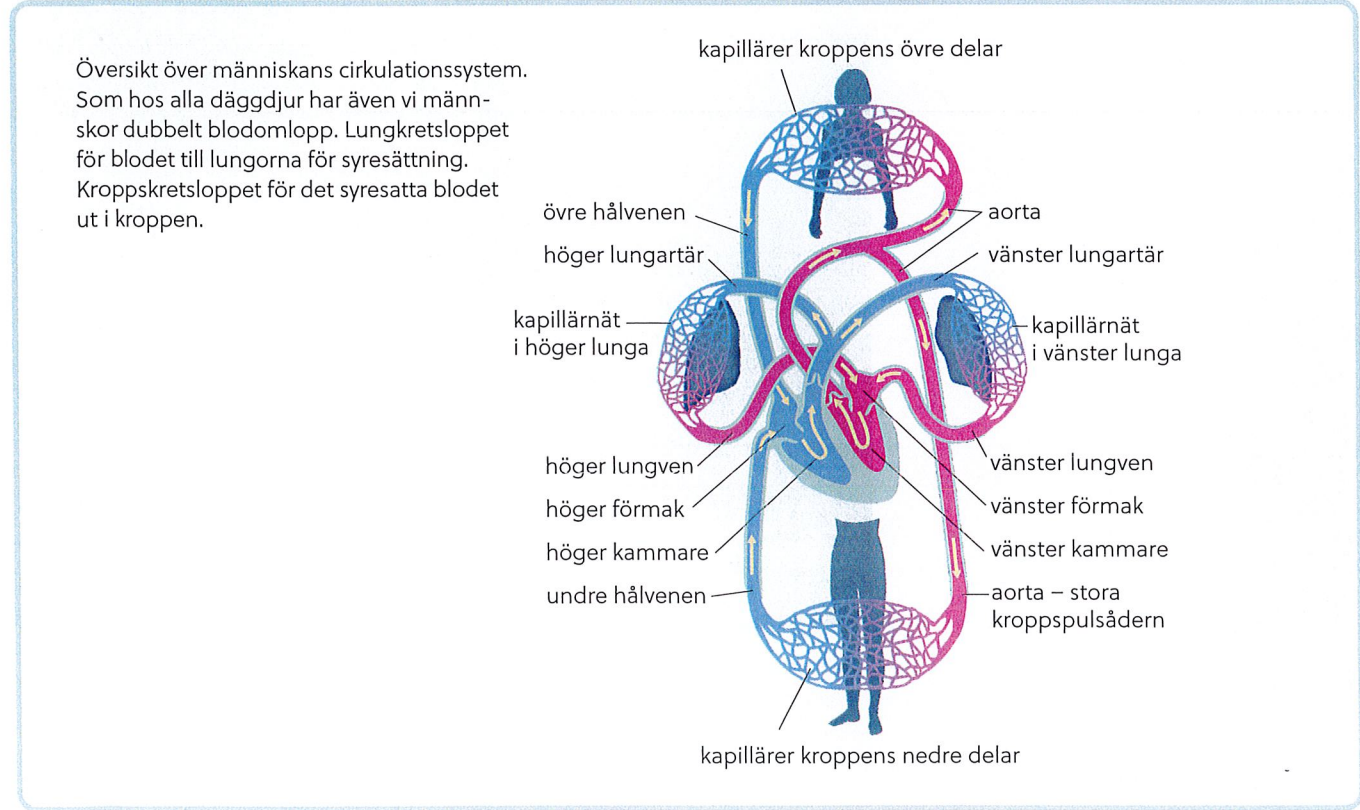
Vi har dubbelt blodomlopp

Människan har ett dubbelt blodomlopp, vilket innebär att det finns ett lungkretslopp och ett kroppskretslopp.

kammare – hjärtats två rum för utgående blod. Från höger till lungorna, från vänster ut i kroppen.

förmak – hjärtats två rum för inkommande blodflöde. Höger förmak från kroppen, vänster förmak från lungorna.

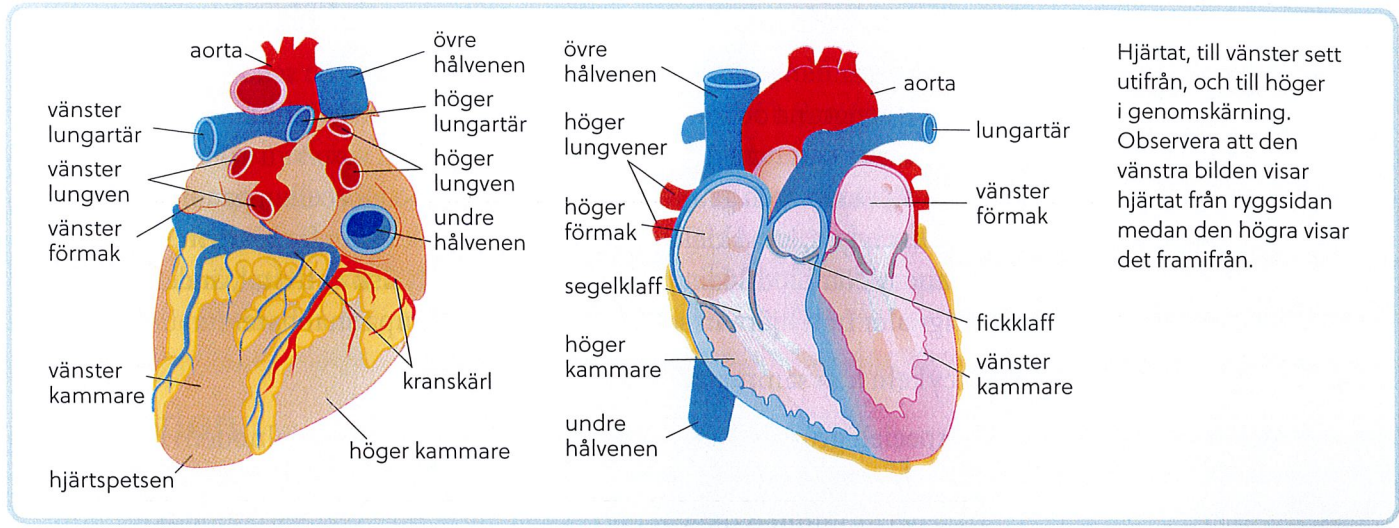
Hjärtat pumpar syrefattigt blod från höger **kammare** via lungartären för syresättning i lungorna. Det syresatta blodet kommer tillbaka till hjärtats vänstra **förmak** via lungvenen. Detta kallas lungkretsloppet. Då den vänstra kammaren fyllts med syresatt blod pumpas det ut via aortan. Blodet färdas i artärer som blir allt tunnare. Det syresatta blodet når ut till alla celler i kroppen via de tunna kapillärerna. I kapillärerna samlas det syrefattiga blodet upp och förs via venerna tillbaka till hjärtat. Det syrefattiga blodet kommer tillbaka till hjärtats högra förmak via den övre hålvenen. Detta kallas kroppskretsloppet.



Hjärtat

Hjärtat kan betraktas som en stor muskel med fyra håligheter: två förmak och två kammare. Hjärtmuskeln arbetar hela vårt liv med 40–50 miljoner kontraktioner (sammandragningar) per år. Det här arbetet kräver god försörjning av näringsämnen och syrgas, vilket sköts av **kranskärlen** – de många blodkärl som omger själva hjärtat. Hjärtmuskelns celler är speciella eftersom de har många och stora mitokondrier, som upptar cirka 25 % av volymen. Som en jämförelse kan nämnas att mitokondrierna i skelettmuskler bara upptar 2–3 volympro-

kranskärl – blodkärl som förser hjärtmuskeln med blod.



Hjärtat, till vänster sett utifrån, och till höger i genomskärning. Observera att den vänstra bilden visar hjärtat från ryggsidan medan den högra visar det framifrån.

En läkare som lyssnar med stetoskop kan ibland upptäcka onormala hjärtljud. Om det krävs görs då en mer avancerad undersökning.



cent. Hjärtmuskeln innehåller också stora mängder myoglobin, ett protein som kan lagra syrgas. Den goda blodförsörjningen, det stora antalet mitokondrier och den stora mängden myoglobin gör att det är omöjligt att trötta ut hjärtmuskeln. Det kanske du däremot har upplevt med dina skelettmuskler. Varje härthalva består av ett förmak och en kammare. I hjärtat kan man tydligt se att den vänstra kammaren har en mer muskulös vägg, för att kunna pumpa ut blodet i kroppen med högt tryck. Olika klaffar, som bara kan öppnas åt ett håll, förhindrar att blodet rinner baklänges i hjärtat. Mellan förmak och kammare finns **segelklaffar** som bara öppnas när blodet är på väg mot kamrarna. Där lungartären respektive aorta lämnar kamrarna finns **fickklaffar** som automatiskt stängs om blodet skulle rinna åt fel håll. När man lyssnar på hjärtat med ett stetoskop hörs två ljud, "lubb-dubb". Det första ljudet, "lubb", uppstår när segelklaffarna stängs. Det andra, kortare och hårdare, "dubb", uppstår när fickklaffarna stängs. Vid en undersökning av hjärtat lyssnar en läkare på flera ställen med stetoskopet för att höra eventuella avvikande hjärtljud. Om hjärtklaffarna till exempel är stela av förkalkningar måste hjärtat arbeta hårdare, vilket hörs tydligt för ett tränat öra. Om någon klaff är sliten och inte riktigt tät så uppstår ofta ett blåsande ljud.

segelklaff – klaff mellan förmak och kammare.

fickklaff – klaff mellan kammare och aorta respektive lungartär.

När hjärtat arbetar

Hjärtcykeln är den process där hjärtat fylls med blod och sedan pumpar det vidare till lungorna och ut i kroppen. Den kan delas in i olika faser: två kontraktionsfaser och två vilofaser. Hjärtat är ett organ som kan slå av sig själv. Det kan styra sin egen grundrytm genom att speciella celler, **pacemakerceller** i förmaksväggen, kan skicka ut elektriska signaler som får hjärtmuskeln att kontrahera. När blodflödet måste öka, som vid fysisk aktivitet, är det däremot nervsignaler från hjärnan som får hjärtat att pumpa snabbare.

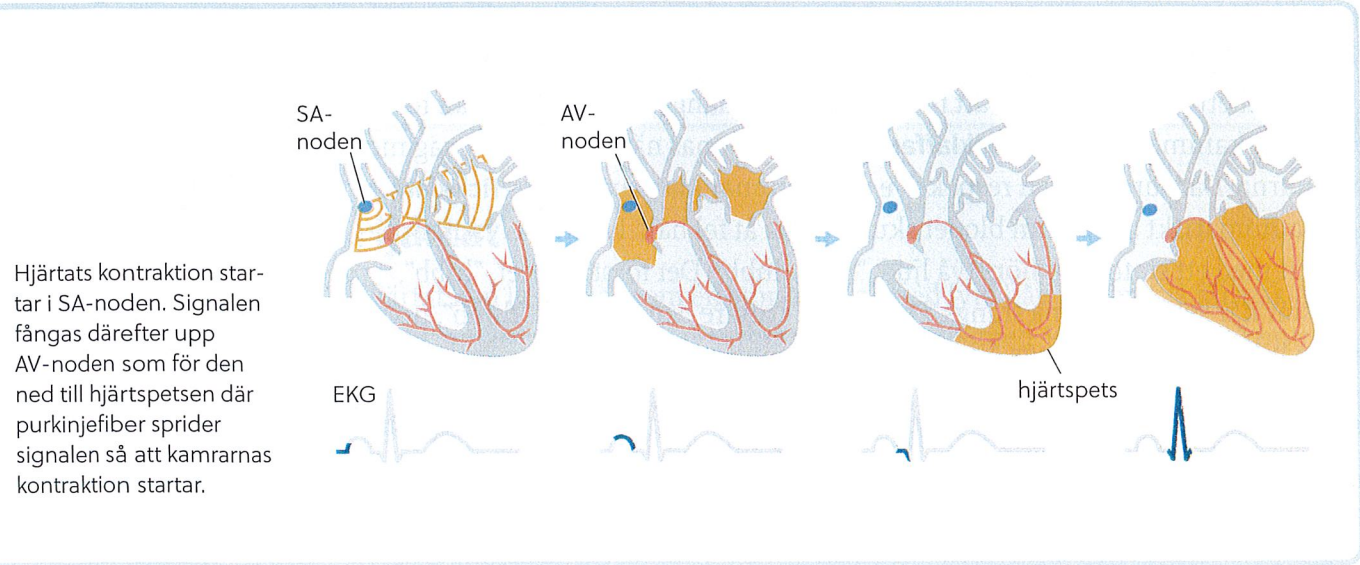
Hjärtcykeln kan sammanfattas i dessa punkter:

- En speciell grupp pacemakerceller i SA-noden (sinoatrialnoden) i höger förmaks vägg startar hjärtcykeln. SA-noden har en inbyggd rytm på cirka 70 slag per minut, vilket är den så kallade vilopuls. SA-noden skickar ut en elektrisk signal, som snabbt sprids genom muskelcellerna
- Den elektriska signalen får cellerna i de båda förmaken att kontrahera exakt samtidigt och de tömmer därmed blodet till kamrarna.
- Kamrarna vilar och fylls på med blod under hjärtats vilofas, även kallad **diastole**.
- I väggen mellan höger förmak och kammare tar en annan grupp pacemakerceller i AV-noden (atrioventrikularnoden) emot signalen från SA-noden och för den vidare ned till hjärtspetsen.
- En tredje grupp pacemakerceller i hjärtspetsen, purkinjefiber, tar emot signalen från AV-noden och kamrarna kontraherar så att blodet pumpas ut i artärerna. Denna fas kallas **systole** och är hjärtats arbetsfas. Mellan kontraktionen av förmaken respektive kamrarna är det en fördröjning på cirka 0,1 sekunder. Fördröjningen beror på att nervfibrerna som leder signalen ned till kammarspetsen är tunna, så att signalen till spetsen går jämförelsevis långsamt. Totalt tar hela hjärtcykeln i vila ungefär 0,8 sekunder.

pacemakerceller – speciella celler i förmaksväggen som med jämna mellanrum skickar ut elektriska signaler.

diastole – en fas i hjärtcykeln då kammarväggarna slappnar av så att kamrarna fylls med blod.

systole – en fas i hjärtcykeln då kammarväggarna kontraherar så att blodet pumpas ut i artärerna.



Reglering av hjärtfrekvensen

Vid fysiskt arbete ökar cellernas ämnesomsättning och mer koldioxid bildas. Mer koldioxid sänker pH-värdet i blodet, vilket receptorer i halsregionen känner av. Receptorerna skickar signal om detta till hjärnan som i sin tur skickar signaler till hjärtat med order om att öka hjärtfrekvensen. I vila pumpar hjärtat runt cirka 5 liter blod per minut i kroppen, men vid hårt fysiskt arbete kan hjärtfrekvensen öka till över 200 slag per minut, och cirka 30 liter blod per minut cirkulerar då.

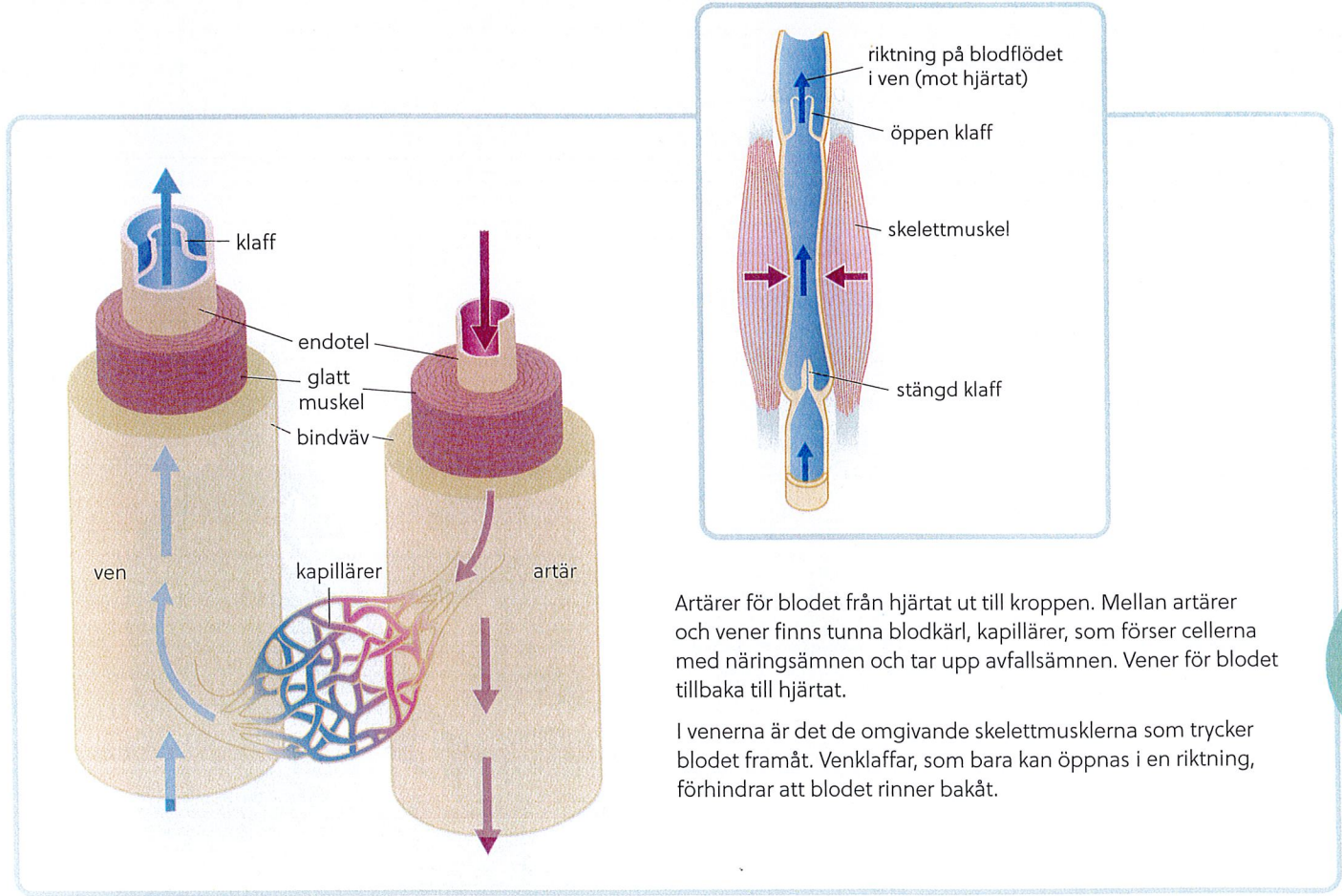
Blodkärnen

Blodkärnen delas in i artärer, som leder blodet från hjärtat, samt vener, som leder blodet till hjärtat. Mellan artärer och vener finns ett nätverk av tunna kapillärer i vävnaderna.

Artärerna

Artärer har tjocka och elastiska väggar, så att de kan stå emot det höga trycket från hjärtats kontraktion. När hjärtat kontraherar går en tryckvåg av blod ut i artärerna som först vidgas och sedan drar ihop sig igen när blodströmmen minskar. När blodet når de mindre artärerna, som är förgreningar från de stora kärlen, blir trycket lägre. För att motverka tryckfallet har dessa artärer tjocka väggar med muskler som inte kan styras med viljan. När musklerna drar ihop sig minskar artärens diameter och blodtrycket ökar.

artär – blodkärl som transporterar blod från hjärtat. Tjockväggiga för att motstå ett högt blodtryck.



kapillär – tunna blodkärl som förser cellerna med näringsämnen och syrgas, och som tar upp koldioxid och det mesta av cellernas avfallsämnen.

ven – kärl som transporterar blod mot hjärtat. Skelettmuskler och andningsmuskler pressar blodet mot hjärtat.

venklaff – klaffar i venerna som förhindrar att blodet rinner baklänges.

Kapillärerna

Vid de tunna **kapillärerna** har trycket sjunkit ytterligare, till endast 20 % av trycket nära hjärtat. Detta möjliggör ett effektivt utbyte av näringsämnen, gaser och avfallsämnen mellan blod och celler. Kapillärväggarna är bara ett cell-lager tjocka och en del celler har dessutom porer för att ytterligare underlätta ämnesutbytet. Blodflödet genom kapillärerna kan också styras efter behov. När du har ätit förs exempelvis mer blod till kapillärerna runt mag-tarmkanalen så att näringsämnen kan tas upp och om du istället tränar, förs mer blod till musklerna.

Venerna

När blodet har passerat kapillärerna och kommer till **venerna** är trycket mycket lågt och blodet påverkas inte längre av hjärtats kontraktioner. För att hjälpa blodet tillbaka till hjärtat finns speciella **venklaffar** i kärlväggen, som hindrar blodet från att rinna baklänges, Tillsammans med skelettmusklernas tryck på venerna så transporteras blodet tillbaka till hjärtat.

Blodtrycket

Att hålla ett ständigt tryck på blodströmmen så att alla cellen i kroppen får tillräckligt med syrgas och näring kräver god kontroll och detta är en del av den homeostatiska regleringen. Hela kroppen måste ständigt läsas av så att inte trycket blir för lågt eller för högt någonstans. Kortvarigt hänger regleringen inte alltid med. Om du har suttit på huk ett tag och hastigt reser dig så kan du känna dig yr av för lågt blodtryck, men korrigeringen går vanligtvis snabbt, och du återfår balansen.



Normalvärden för blodtryck ung vuxen i vaket tillstånd, är omkring 120/80 mmHg, men variationer förekommer. Blodtrycket mäts med en blodtrycksmanschett.

blodtryck – blodets tryck på kärlväggarna vid systole respektive diastole.

Blodtrycket är blodets tryck på kärlväggarna och påverkas av tre faktorer: hjärtats slagkraft, den totala blodvolymen och motståndet mot blodströmmen ute i blodomloppet. Din fysiska aktivitet, hur mycket vätska du har druckit, koffein och stress påverkar en eller flera av faktorerna – och trycket måste då regleras.

Reglering av blodtrycket

Den snabba regleringen, som när du hastigt reser dig, styrs mest av den del av nervsystemet som vi inte kan kontrollera med viljan. Om trycket snabbt måste höjas, till exempel när du blir riktigt rädd eller plötsligt reser dig, skickas nerv-signaler till hjärtat så att det börjar arbeta hårdare. Samtidigt får musklerna i artärernas väggar signaler om att dra ihop sig så att trycket höjs. Vid högt blodtryck skickar hjärnan motsatta signaler, det vill säga, hjärtat slår lugnare samtidigt som musklerna i artärernas väggar slappnar av. För att återställa blodtrycket till ett normalvärde efter en plötslig störning finns tryckreceptorer i halsregionen. De reagerar när trycket blir för högt eller för lågt, och via hjärnan skickas då signaler som motverkar störningen.

Blodtrycket kan även styras av njurarna som får signaler om att avge mer eller mindre vatten som urin. Det påverkar blodvolymen på lång sikt.

15.5 Testa dina baskunskaper

FÖRKLARA BEGREPPEN

- | | | |
|--------------|-----------------|-------------|
| • kranskärl | • pacemakercell | • ven |
| • förmak | • diastole | • venklaff |
| • kammare | • systole | • blodtryck |
| • segelklaff | • artär | |
| • fickklaff | • kapillär | |

SVARA PÅ FRÅGORNA

1. Varför kan man inte trötta ut hjärtmuskeln?
2. Hur går en hjärtcykel till?
3. Hur får vi tillbaka blodet som är nere i benen utan att ha extrahjärtan i fötterna?
4. Ge ett förslag till förklaring till att sälar och valar har mycket myoglobin i sina muskelceller.

15.6 Blodet

Blodets sammansättning

Blodet har många viktiga uppgifter i kroppen. Det transporterar näringsämnen, syrgas och hormoner till cellerna. Dessutom transporterar blodet avfallsämnen från cellerna till lungorna, levern och njurarna. Blodet hjälper även till att försvara oss mot infektioner, samt reglerar kroppstemperatur och pH-värde. För att klara alla olika uppgifter är blodet en blandning av många olika celler och lösta ämnen. Blodvolymen hos en vuxen person är 4–6 liter.

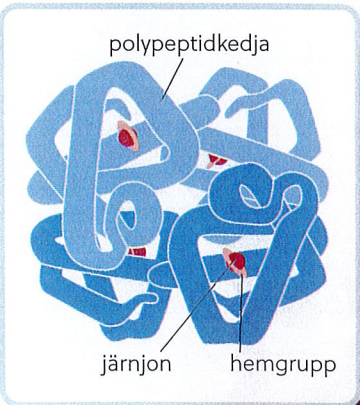
Blodplasma

Blodet innehåller cirka 55 % **blodplasma**, som mest består av vatten, men också lösta ämnen. Dit hör näringsämnen, avfallsämnen och salter. Blodplasma innehåller även proteiner som är inblandade i blodets koagulering, varav det viktigaste är fibrin.

Den övriga delen av blodet, alltså cirka 45 %, utgörs av olika blodkroppar, som egentligen borde kallas blodceller. Flest är de röda blodkropparna (erytrocyterna) men det finns också olika vita blodkroppar (leukocyter) och blodplättar (trombocyter). Blodkropparna utvecklas i benmärgen från speciella blodstamceller.

Röda blodkroppar – erytrocyter

De **röda blodkropparna** har en livslängd på ungefär 120 dagar. Deras uppgift är att transportera syrgas till kroppens alla celler, men de transporterar också cirka 20 % av koldioxiden till lungorna. I varje kubikmillimeter blod finns det ungefär fem miljoner röda blodkroppar. När de röda blodkropparna bildas i benmärgen tappar de sin cellkärna och de flesta av sina andra organeller. Utan organeller som tar plats blir det istället mer utrymme för de syrebindande hemoglobinmolekylerna. Varje hemoglobinmolekyl har fyra järnjoner



Hemoglobinmolekyl.

Röda blodkroppar. Den bikonkava formen (ihop-sjunkna på mitten) ger en större yta, vilket underlättar gasutbytet. Bilden är tagen i ett elektronmikroskop (SEM).

i mitten. Det är järnjonerna som binder syre, och varje hemoglobinmolekyl kan transportera fyra syrgasmolekyler. Varje röd blodkropp innehåller cirka 250 miljoner hemoglobinmolekyler. Med tanke på det stora antalet röda blodkroppar i blodet, blir det tydligt att kapaciteten att transportera syrgas är enorm. I slutet av sin livslängd blir de röda blodkropparna stelare och går lätt sönder när de passerar genom mjältens trånga kapillärer. I mjälten, men även i levern, bryts de sedan ned. Vissa delar, som järn, återanvänds och skickas till benmärgen. De delar av hemoglobinmolekylen som inte kan återanvändas skickas till levern och omvandlas där till färgämnet bilirubin. Det utsöndras sedan med gallan till tunntarmen och ger avföringen dess bruna färg.

Vita blodkroppar -leukocyter

De **vita blodkropparna** kallas så för att de inte har någon färg när man tittar på dem i mikroskop. Vita blodkroppar hör till kroppens immunförsvar, och är de celler som skyddar dig från att bli sjuk i bakterie- och virusinfektioner. En del av de vita blodkropparna patrullerar ständigt i kroppen i jakt på inkräktare. Vissa vita blodkroppar kan fungera som minnesceller efter en infektion. Då kommer immunförsvaret ihåg hur ett specifikt virus såg ut, vilket gör att kroppen kan reagera effektivare om samma virus kommer in i kroppen igen. De vita blodkropparnas minne möjliggör att vacciner kan fungera så du slipper bli sjuk.

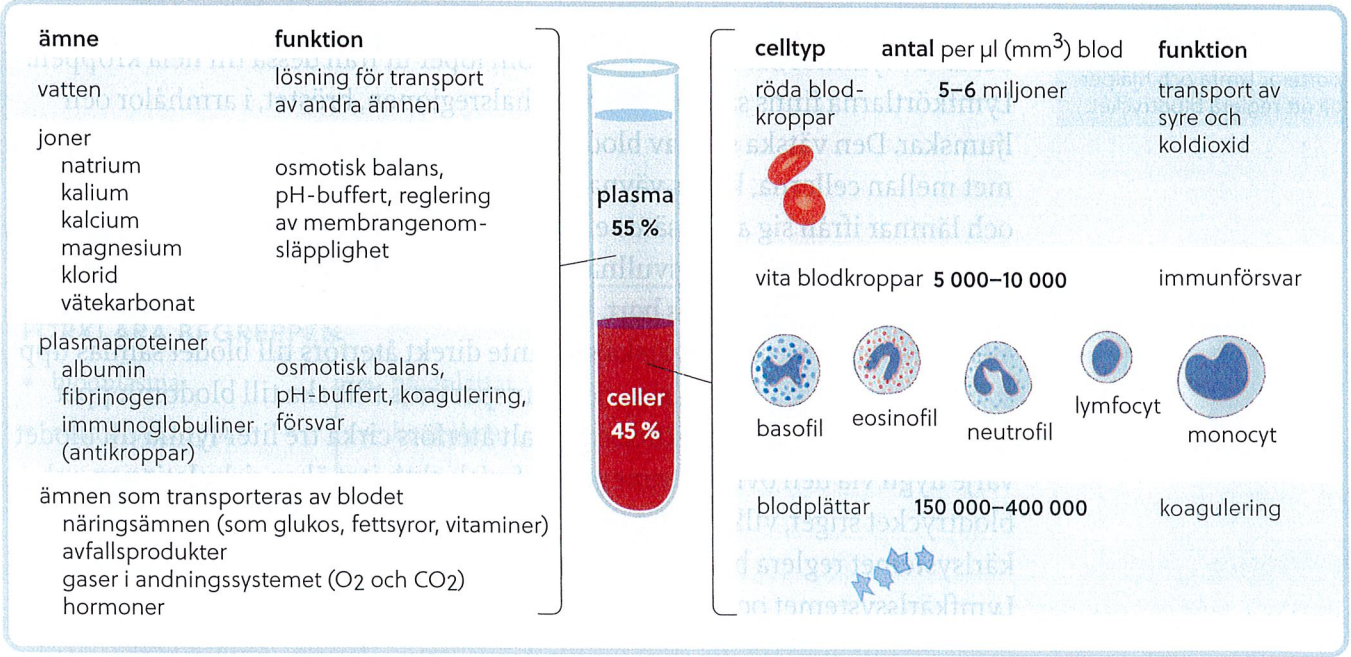
Blodplättar -trombocyter

I benmärgen finns en celltyp som kallas megakaryocyt. Det är megakaryocyterna som bildar stora mängder av de cellfragment som kallas **blodplättar**. Deras funktion är att snabbt, men kortvarigt, täppa till skador på blodkärlen genom att **koagulera** (stelna) och stoppa blödningsen. Samtidigt aktiverar de en mer varaktig reparation av kärlväggen.

vita blodkroppar – blod celler som ingår i kroppens immunförsvar, exempelvis monocyter.

blodplätt – cellfragment som täpper till skadade blodkärl.

koagulera – när blod stelnar och bildar en koagel.



Blodets viktigaste delkomponenter är blodplasman, röda blodkropparna, vita blodkropparna och blodplättarna.

Blodets koagulering

Vid en blödning måste blodet kunna koagulera. Det är en komplicerad process som sker i blodet och som är avgörande för att stoppa blödningar. Samtidigt är det viktigt att koaguleringen inte aktiveras i onödan eller på fel plats, eftersom det kan leda till blodproppar som blockerar blodkärlen. För att koaguleringsprocessen ska ske krävs totalt över 30 olika enzym som hjälper till i flera steg.

Om celler skadas när en blodkärlsvägg spricker skickar de ut alarmsignaler som lockar dit blodplättar. Medan blodplättarna kortvarigt täpper till sprickan sänder de, tillsammans med de skadade cellerna, ut flera enzymer. Detta startar en kedjereaktion som slutligen omvandlar proteinet fibrinogen till fibrin. **Fibrin** är ett trådlikt protein som bildar ett nät över den skadade ytan där blodplättar och blodkroppar fastnar – en **koagel** har bildats. Normalt är skadan tilltäppt på några minuter. Även kalciumjoner är viktiga på flera ställen i reaktionskedjan, bland annat för att stabilisera nätverket av fibrintrådar. Om du haft ett sår har



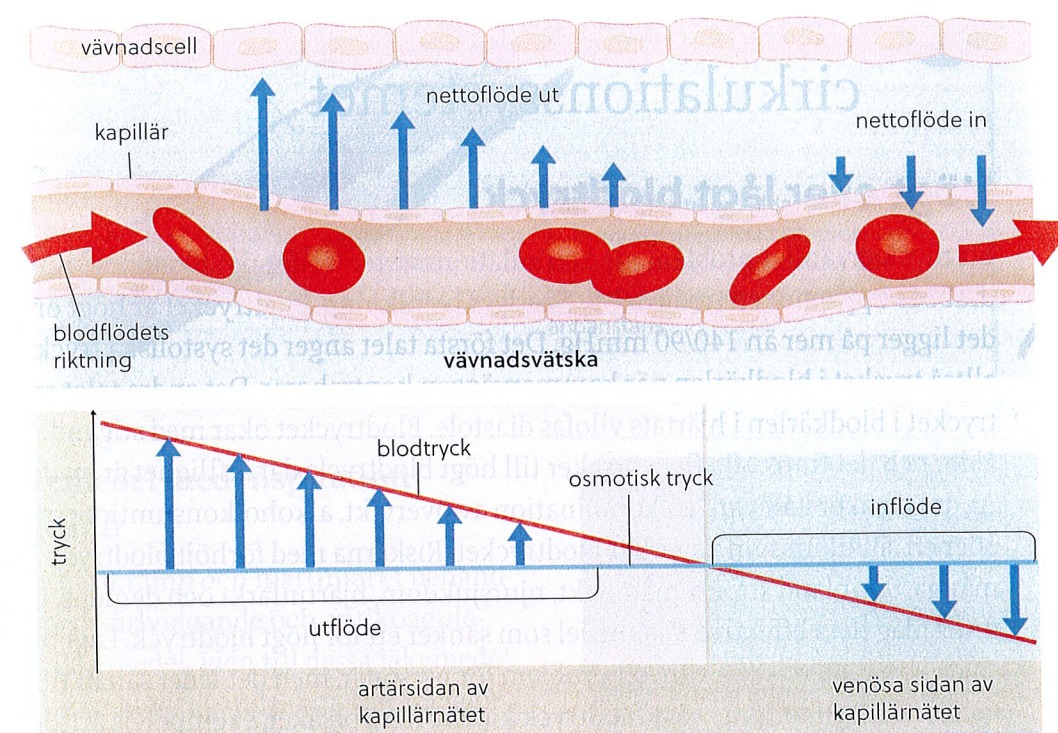
Bilden visar delar av ett koagel, eller blodlever. Fibrintrådar fångar in röda blodkroppar. Bilden är tagen i ett elektronmikroskop (SEM).

du nog har märkt att koageln och sårskorpan försvunnit efter ett tag. Det beror på att det i koaguleringsprocessen även avges ett enzym som bryter ned koageln, när de friska cellerna runt skadan har hunnit bilda en ny kärlvägg. Denna process sker även om inte huden går sönder då du till exempel får ett blåmärke.

Lymfkärslssystemet

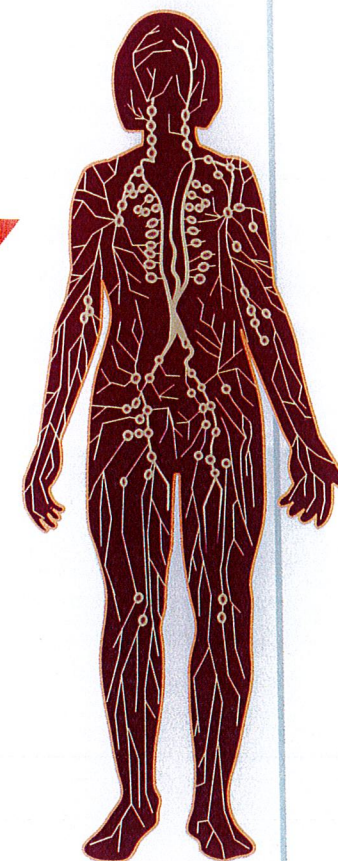
lymfkärslsystem – nätverk av kärl som transporterar lymfa och hjälper till att reglera blodtrycket.

Parallellt med det slutna cirkulationssystemet finns ett **lymfkärslsystem**. Det består av lymfkörtlar samt lymfkärl, som löper ut från dessa till hela kroppen. Lymfkörtlarna finns samlade främst i halsregionen, bröstet, i armhålor och ljumskar. Den vätska som av blodtrycket pressas ut från kapillärerna till utrymmet mellan cellerna, kallas vävnadsvätska. Cellerna tar upp näringsämnen och lämnar ifrån sig avfallsämnen till vävnadsvätskan via diffusion och aktiv transport. För att undvika svullnad i vävnaderna måste all vävnadsvätska som tillförs, också transporteras bort. Den största delen av vävnadsvätskan tas upp av kapillärerna igen. Den vätska som inte direkt återförs till blodet samlas upp som lymfa i de små lymfkärlen och transporteras tillbaka till blodomloppet med hjälp av dina muskelrörelser. Totalt återförs cirka tre liter lymfa till blodet varje dygn via den övre hålvenen. Vid fysisk aktivitet ökar cirkulationen och blodtrycket stiger, vilket leder till en större mängd lymfa. På så sätt kan lymfkärslsystemet reglera blodtrycket genom att tillfälligt minska blodvolymen. Lymfkärslsystemet också en viktig funktion för immunförsvaret eftersom det är i lymfkärslsystemet som immunceller aktiveras om bakterier eller virus kommit in i kroppen.



Förenklat kan flödet mellan kapillär och omgivande vävnad beskrivas som att blodtrycket på den arteriella sidan sköter utflödet, medan venösa sidans osmotiska tryck sköter inflödet. I båda riktningarna verkar också aktiv transport och diffusion för att ämnen ska passera kapillärväggen.

Lymfkärslsystemet består av lymfkörtlar och lymfkärl som fördelar sig i hela kroppen.



15.6 Testa dina baskunskaper

FÖRKLARA BEGREPPEN

- | | | |
|--------------------|---------------|-------------------|
| • blodplasma | • blodplättar | • koagel |
| • röda blodkroppar | • koagulera | • lymfkärslsystem |
| • vita blodkroppar | • fibrin | |

SVARA PÅ FRÅGORNA

1. Vad består blodet av?
2. Vilka funktioner har de röda blodkropparna?
3. Vad händer med den del av vävnadsvätskan som inte återförs direkt till blodet?

15.7 Sjukdomar i cirkulationssystemet

Högt eller lågt blodtryck

Ett mycket vanligt problem med cirkulationssystemet är högt blodtryck, som drabbar upp emot en tredjedel av Sveriges befolkning. Blodtrycket är högt om det ligger på mer än 140/90 mmHg. Det första talet anger det systoliska trycket, alltså trycket i blodkärlen när kammarväggen kontraherar. Det andra talet anger trycket i blodkärlen i hjärtats vilofas diastole. Blodtrycket ökar med stigande ålder och det finns ofta flera orsaker till högt blodtryck, där ärftlighet är en del. Andra orsaker kan vara en kombination av övervikt, alkoholkonsumtion, stress eller en sjukdom som påverkar blodtrycket. Riskerna med förhöjt blodtryck är många, däribland stroke, hjärtsvikt, njursjukdom, hjärtinfarkt och demens. Det finns idag flera effektiva läkemedel som sänker ett för högt blodtryck. Lågt blodtryck kan ibland också vara ett problem för personer, men det leder sällan till medicinsk behandling. Lågt blodtryck kan ha flera orsaker, exempelvis ärftliga faktorer, vätskebrist eller sällsynta sjukdomar. Symtomen vid lågt blodtryck är yrsel, trötthet och att du känner dig allmänt svag. Ett lågt blodtryck är under 90/60 mmHg om du samtidigt har något av de beskrivna symtomen.

Åderförfettning och blodproppar

Ett samlingsnamn för förändringar i blodkärlen är **åderförfettning** (*arterioskleros*). Ett fettransporterande protein, LDL, low density lipoprotein, ansamlas som klumpar i kärlväggen. Ansamling av LDL beror både på genetiska faktorer och kost. Klumparna växer sakta och kan täppa till kärlen helt, men de kan också lossna och blockera kärl långt ifrån sin ursprungsplats.

I takt med ökad ålder när kärlen blir stelare och åderförfettningen ökar, ökar också risken för **blodpropp** (*trombos*). Propparna bildas när blodkroppar fastnar i kärlen bildar små klumpar. Många äldre behandlas med antikoagulerande (blodförtunnande) medel som innehåller acetylsalicylsyra eller warfarin för att minska risken för proppar.

Åderförfettning kan också drabba hjärtat

Kärlkramp (*angina pectoris*) är också en vanlig hjärtsjukdom. Den orsakas av att kranskärlen som försörjer hjärtmuskeln med blod är åderförfettade och förträngda, så att syrgas och näringsämnen inte flödar till hjärtat i tillräcklig mängd. Hjärtmuskeln tvingas att arbeta hårdare vilket ger smärtor i bröstet. Vill det sig illa kan en obehandlad kärlkramp leda till hjärtinfarkt, som är en blodpropp i någon av hjärtats artärer. Om skadan på hjärtat är stor kan en operation bli nödvändig. Beroende på typ av skada gör man då antingen en ballongvidgning av kärlet med förträngning, eller en så kallad bypassoperation där det skadade blodkärlet byts ut mot ett friskt kärl.

åderförfettning – fett som samlas i blodkärlen och gör dem smalare och stelare.

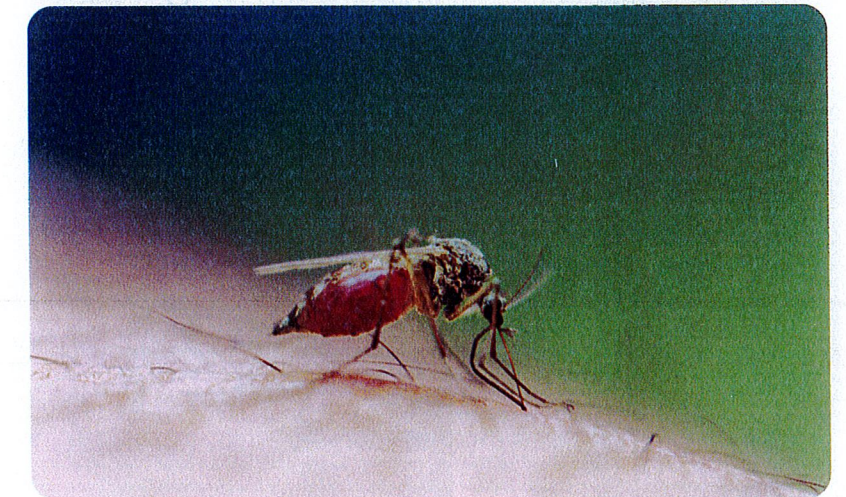
blodpropp – koagulerat blod som blockerar blodflödet i ett blodkärl.

kärlkramp – åderförfettning i kranskärlen som orsakar syrebrist och smärta.



Läkemedel med inspiration från djur

Både kärlkramp och hjärtinfarkt behandlas med kärlvidgande och antikoagulerade läkemedel. Idén till dessa läkemedel kom från blodsugande djur. När myggor sticker oss sprutar de först in saliv, med ett antikoagulerande ämne, för att undvika stopp i sin sugsnabel. Blodiglar använder också ett blodförtunnande ämne, hirudin, som forskare har utgått från när man har utvecklat många av de blodförtunnande läkemedel som finns idag.



En mygga sticker först hål på huden och sprutar samtidigt in saliv med ett antikoagulerande ämne för att kunna suga ut blod innan det koagulerar.

Blodbrist

Anemi (blodbrist) kallas tillståndet när antalet röda blodkroppar, eller mängden hemoglobin är låg. Lindriga symptom är trötthet, huvudvärk och ibland yrsel. Den vanligaste orsaken är järnbrist, vitaminbrist, oftast folsyra eller B12, eller en allvarlig infektion. Järnbrist är något vanligare hos kvinnor än män, speciellt hos kvinnor med kraftiga menstruationsblödningar, men också under graviditeten när behovet av järn är större. I de flesta fall räcker det med en kost rik på järn och vitaminer. Ibland kan även tillskott av järn- och vitamintabletter behövas.

anemi – försämrad syretransport på grund av för få röda blodkroppar eller för lite hemoglobin.

Fysisk aktivitet är viktigt

Idag är cirkulationsrelaterade sjukdomar den vanligaste dödsorsaken i Sverige. De flesta av de sjukdomar som drabbar cirkulationssystemet dyker oftast upp först efter medelåldern. En bidragande faktor till att sjukdomar i cirkulationssystemet är vanliga här är förstås också vår höga medellivslängd då sjukdomarna hinner utvecklas.

Ungdomar kan redan i 14–15-årsåldern ha förstadier till åderförfettning, trots att de saknar ärftlig belastning och inte har någon sjukdom som förklarar åderförfettningen. Orsakerna är framför allt för lite fysisk aktivitet och en ensidig kost med för mycket socker och mättade fetter, men även rökning. Biologiskt är våra kroppar anpassade för att vara i rörelse. En allmän rekommendation är 30 minuters motion per dag för vuxna. Barn och ungdomar bör helst röra sig mer än så. För barn och ungdomar är det nämligen extra viktigt att belasta cirkulationssystemet, skelettet och musklerna för att kroppen ska utvecklas på rätt sätt. Det finns ett klart samband mellan en inaktiv barndom eller ungdomstid och risken för cirkulationssjukdomar i vuxen ålder. Att röra sig och träna hjärtats muskler med ett aktivt vardagsliv är ett enkelt sätt att skydda sig mot sjukdomar i cirkulationssystemet.

Att utföra en aktivitet som belastar cirkulationssystemet och musklerna lägger grunden för en god hälsa.



15.7 Testa dina baskunskaper

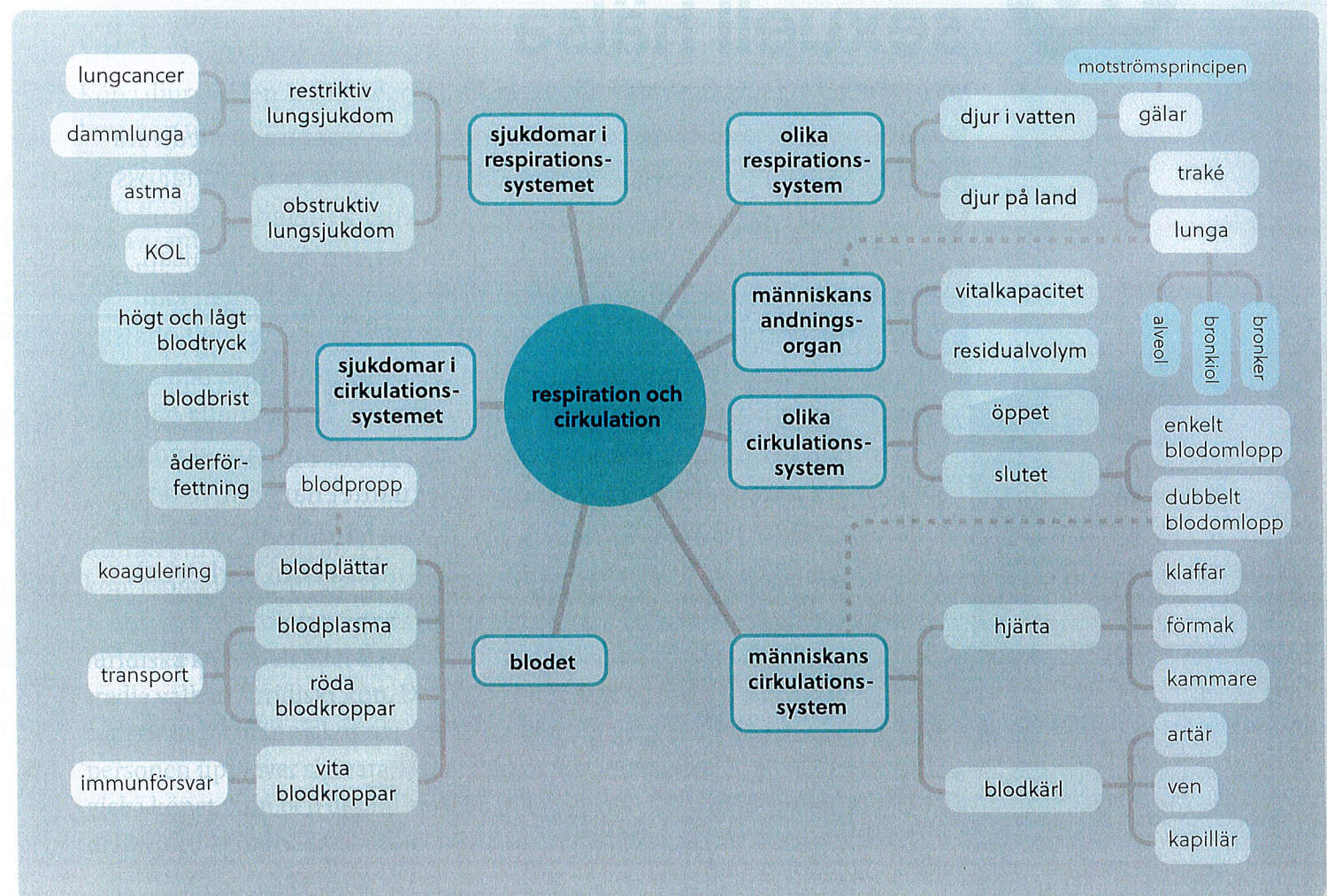
FÖRKLARA BEGREPPEN

- åderförfettning
- blodpropp
- kärlkramp
- hjärtinfarkt
- blodbrist

SVARA PÅ FRÅGORNA

1. Vilka är riskerna med högt blodtryck?
2. Vilken hjälp finns att få om man har blodbrist?
3. Hur kan du skydda dig från sjukdomar i cirkulationssystemet?
4. Hur uppstår åderförfettning? Hur kan den motverkas?

Sammanfattning



Uppgifter

1. Redogör för syrets transport från andningsluften fram till cellerna i vävnaderna hos människan.
2. Redogör för koldioxidens transport från cellerna ute i vävnaderna till avgivandet av koldioxid via lungornas alveoler.
3. På vintern ligger grodor i dvala och andas inte med lungorna. Hur får de då syrgas till att överleva tror du?
4. Motströmsprincipen gäller också för fåglar, i deras tunna ben. Det gör att fåglar inte fryser ihjäl då de står på isen en kall vinterdag. Hur tror du att den fungerar?
5. Vad menas med anemi, och vad kan den bero på?
6. Med tanke på blodvolymen, hjärtats slagvolym och antalet hjärtslag per minut, hur lång tid tar det för allt blod att passera genom hjärtat?
7. Vilka krafter får näring att passera från kapillärerna till cellerna respektive avfallsämnen från cellerna till kapillärerna? Vad händer med denna transport vid hård fysisk ansträngning?
8. Vad kan vara anledningen vara till att fiskar inte har utvecklat ett cirkulationssystem med dubbla kretslopp som däggdjur och fåglar?
9. Beskriv hur blodet flödar igenom hjärtat under en hjärtcykel, och vad som får hjärtmuskulaturen att arbeta.
10. Jämför blodcirkulation och respiration hos däggdjur och fåglar. Vilka likheter och skillnader finns?
11. Diskutera tillsammans. Vilka livsstilsfaktorer har störst betydelse för att vårt cirkulationssystem ska fungera väl hela livet?