

Funkcionális anatómia
(BMEVIEUM121)

Az érrendszer



Készítette: Károly Dóra (ITWK6B)
karoly.dora@gmail.com

Budapest, 2012. május 20.

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék	2
Bevezetés	3
A szív	4
Felépítése	4
Működése	4
A szív saját erei, a koszorúerek	6
BioDigital Human	11
A szív- és érrendszeri betegségek	13
A koszorúér betegség	13
A betegség kezelése	14
Sztent vagy értágítóbetét	15
Az erek falának szerkezete	17
Belső réteg (intima)	17
Középső réteg (media)	17
Külső réteg (adventitia)	17
Az erek szerkezete	18
Verőerek (artériák)	18
Elasztikus típusú artériák	18
Muscularis típusú artériák	19
Kisartérák és arteriolák	19
Az artériák falának táplálása és beidegzése	20
Hajszálerek (kapillárisok)	20
Kontinuus falú kapilláris	21
Fenesztrált falú kapilláris	21
Sinusoid kapilláris	21
Gyűjtőerek vagy visszerek (vénák)	22
Kis- és a középnagy vénák	22
Nagy- vagy fővénák	22
A vénabillentyűk	23
A vénaöblök vagy vénasinusok	23
Forrásjegyzék	24

Bevezetés

Eddigi tanulmányaim során már többször foglalkoztam a szív és érrendszeri betegségekkel és azok gyógy módjaival. Viszont a biomechatronikai oktatás alatt nem érintettük a szív és az erek anatómiáját. Azért választottam ezt a témát, hogy az ilyen irányú hiányosságaimat pótoljam. Az érrendszeren belül az erek felépítése érdekelt legjobban, így erre fektettem a hangsúlyt.

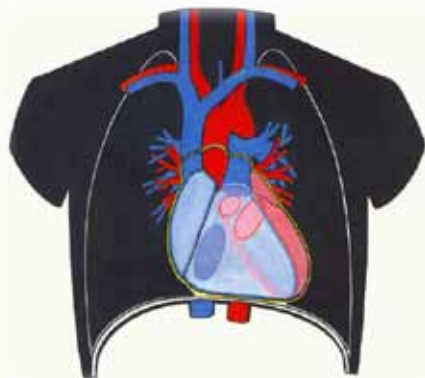
Az élőlényekben a belső környezet, a szervezet állandóságának a fenntartása a lét feltétele. Az érrendszer (vérér- és nyirokérrendszer) elsősorban ezt, vagyis a szervezet anyagcseréjét szolgálja: az élet fenntartásához szükséges táplálóanyagokat és oxigént szállít az emésztő-, illetőleg a légzőszervekből a szervezet sejtjeihez, és a sejtek anyagcseretermékeit szállítja a különböző szervekbe, ahol a méregtelenítés vagy kiválasztás végbemegy. E fő funkciója mellett az érrendszer szerepe jelentős a kémiai (humoralis) szabályozásban is. A belső elválasztású mirigyek hormonjai az érrendszer közvetítésével jutnak el tevékenységük színhelyére. Fontos szerepe van a hőszabályozásban is, és a szervezet ellenálló képességét biztosító rendszer (reticuloendothelialis systema: RES) részeként a szervezet védekezésében is a baktériumok, a vírusok és a toxikus anyagok ellen[2].

A szervezet csaknem valamennyi szövetét, szervét hálószerűen átjáró két érrendszerrel (*systema vasorum*), és pedig a vérérrendszerrel *systema vasorum sanguinis*, és a nyirokérrendszerrel, *systema lymphaticum*, az értan, angiologia, foglalkozik. A két, teljesen zárt érrendszerben a test folyadékai, a vér, *sanguis*, illetőleg a nyirok, *lympa*, keringenek. A vér az érrendszerben a szívtől kiindulva teljes körben, centrifugálisan és centripetálisan, a nyirok a nyirokérrendszerben viszont csupán centripetálisan, a szervekből a szív felé áramlik a nagyvénákba. A nyirokérrendszer ilyenformán a vénarendszer függeléke[2].

A két érrendszer közül dolgozatom a vérérrendszerrel foglalkozik. Az érrendszer központi szerve a szív, perifériás részét a vérerek alkotják, melyeknek rugalmas fala biztosítja a keringés folyamatosságát. Először röviden összefoglalom a szív felépítését és működését, majd külön foglalkozom a szív saját ereivel, a koszorúerekkel. Ezután az erek falának felépítését fejtem ki részletesebben, külön az artériák, kapillárisok és vénák esetén. Ahol lehet kitérek a tárgyhoz tartozó betegségekre vagy rendellenességekre és azok kezelésére.

Néhány helyen az általam készített ábrák is segítik a megértést. A modelleket SolidWorks 3D-s modellező programmal készítettem, a képeket pedig a hozzá tartozó PhotoView programmal rendereltem. A hivatkozás nélküli képek sajátkészítésűek.

A szív



1. ábra: A szív elhelyezkedése [4]

Mivel a szív a vérkeringés központi szerve és motorja, ezért erről is ejtenem kell pár szót. A szív kb. 300 g súlyú (öklömnyi nagyságú), kúp alakú, izmos falú, üreges szerv. Az 1. ábrán láthatóan a mellüregnek a két tüdő által közrefogott részében elöl és alul helyezkedik el (a *mediastinum anteriusban*) [3].

Egy izmos pumpához hasonlítható, amely percenként hatvan-nyolcvanszor összehúzódva tartja fenn a vérkeringést. Szakadatlan működése biztosítja a test különböző részeinek vérellátását. Elképzelhetjük, milyen tökéletes alkotás, ha kiszámoljuk, hányszor húzódik össze átlagosan az élet folyamán[5]:

Időtartam	Szívösszehúzódások száma
1 perc	60
1 óra	3600
1 nap	86400
1 év	31536000
60 év	1892160000

Felépítése

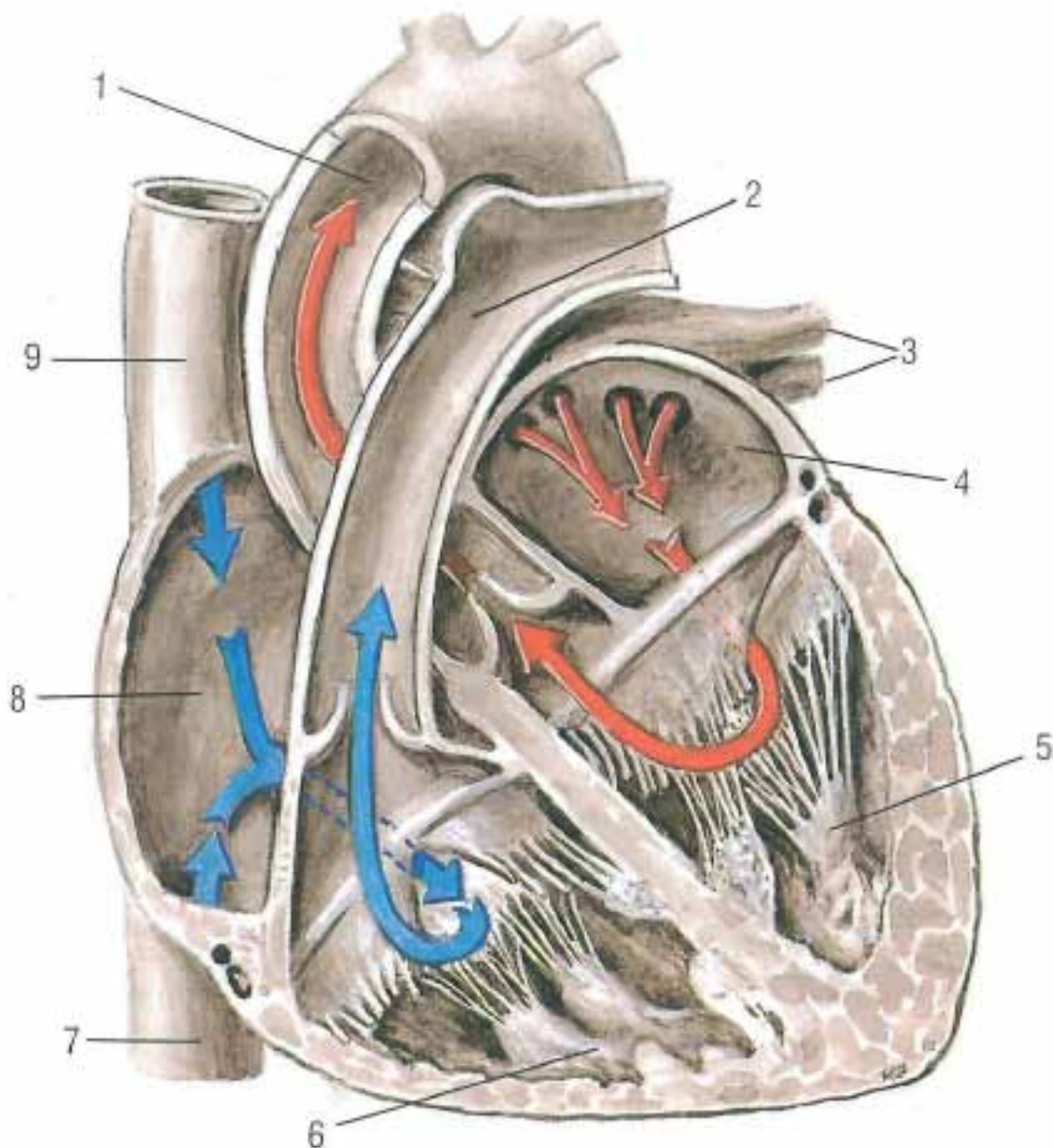
A szív anatómiailag a jobb és a bal szívfélből áll: mind a jobb, mind a bal szívfél további két részre: a pitvarokra és a kamrákra oszlik. A szív munkáját - a szervek megfelelő vérellátását - folyamatos pumpálással (összehúzódással) végzi, oly módon, hogy előbb a pitvarok (jobb és bal), majd a kamrák (jobb és bal) húzódnak össze. A szív egyes részeit „szelepek” választják el egymástól, amelyek biztosítják, hogy a vér csak egy irányba haladhasson, abba az irányba, amely a szív munkájának megfelel. A szívben működő szelepeket billentyűknek nevezzük. A bal pitvart a bal kamrától a mitrális billentyű választja el, amelynek szelepfunkcióját két pontosan záró vitorla biztosítja. A jobb pitvar és a jobb kamra között a három vitorlából álló tricuspidalis billentyű található[5]. A szív felépítése a 2. ábrán látható, jelölve az oxigénben dús és a szén-dioxidban dús vér áramlását.

Működése

Ha a szívet gondolatban egy pályaudvarhoz hasonlítjuk, akkor a jobb szívfél az „érkezési”, a bal szívfél az „indulási” oldal [5].

A szervezet szövetei által elhasznált, oxigénben szegény, ún. vénás vér a jobb pitvarba érkezik, majd a jobb kamrából - a tüdőartérián át - jut a tüdőbe, ahol felveszi az élethez szükséges oxigént, és leadja a felesleges széndioxidot. Az oxigénnel felfrissült vér a pulmonális vénákon át a bal pitvarba jut. A vérkörnek ezt a részét kis vérkörnek nevezzük [5].

A bal pitvarból a bal kamrába jutó, ún. artériás vér a főútóeren (az aortán) át jut a nagy vérkörbe, ill. a szervekbe (agy, izomzat, gyomor stb.). A szív pumpafunkcióját és az artériák működését a véráramban keringő hormonok irányítják oly módon, hogy amikor az egyik szerv - pl. futáskor a láb izmai - fokozottan működik, akkor azon szerv vérellátása is növekszik [5].



2. ábra: A szív frontális metszetén a szív üregei, szájadéakai, a ki- és belépő erekkel. A piros nyilak az oxigénben dús vér, a kék nyilak a szén-dioxidban dús vér áramlását mutatják [3].

1. Aorta - főverőér
2. Truncus pulmonalis - fő tüdőverőér
3. Vena pulmonalis - tüdővisszerek
4. Atrium sinistrum - bal pitvar
5. Ventriculus sinister - bal kamra
6. Ventriculus dexter - jobb kamra
7. Vena cava inferior - alsó üres visszér
8. Atrium dextrum - jobb pitvar
9. Vena cava superior - felső üres visszér

Mivel dolgozatom főleg az erek felépítésével foglalkozik, így a szívről csak az alap információkat írom le. Az interneten rengeteg a szív működésével és felépítésével foglalkozó videó található, amelyek alapján könnyű megérteni a szerv lényegét.

A szív saját erei, a koszorúerek

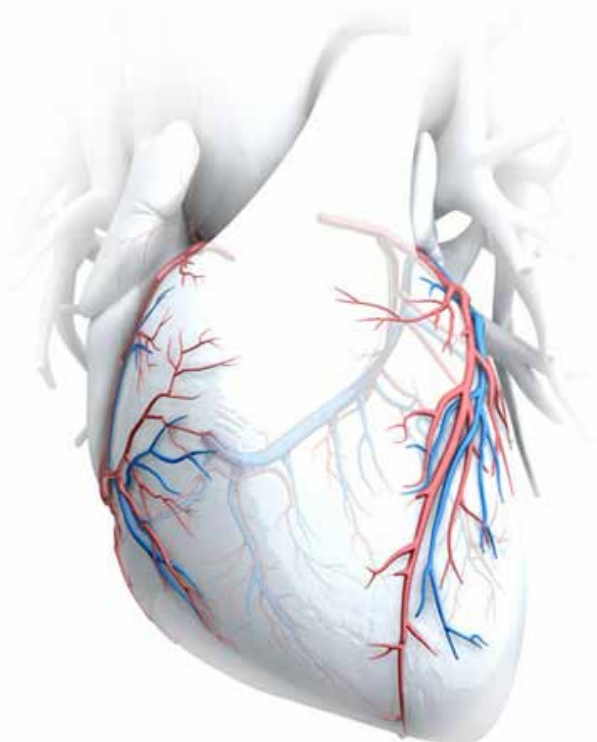
A szív izomfala bőséges vérellátást igényel. A szívet ellátó koszorúartériák - *arteria coronaria dextra et sinistra* - az aorta kezdeti szakaszából, a semilunaris billentyűk mögötti tasakból (*sinus aortae*) erednek. Az ***arteria coronaria dextra*** elöl a sulcus coronariusban fut jobb felé egészen a facies diaphragmaticáig, ahol felfelé fordul, és a két kamra közül barázdában halad mint *ramus interventricularis posterior* a szívcsúcs irányába. Ellátja vérrel a jobb pitvart, a jobb kamra nagyobbik részét és a kamrasövény hátsó kétharmadát [3].

Az ***arteria coronaria sinistra*** rögtön eredése után két részre válik. Egyik ága, a *ramus interventricularis anterior*, a kamrák közötti barázdában halad elöl lefelé a szívcsúcshoz. Másik ága, a *ramus circumflexus*, a sulcus coronariusban bal oldalról kerüli meg a szívet. Ellátja vérrel a bal pitvart, a bal kamrát, a jobb kamra elülső részét és a kamrasövény elülső egyharmadát. A koszorúerek végágai anatómiai végartériák [3].

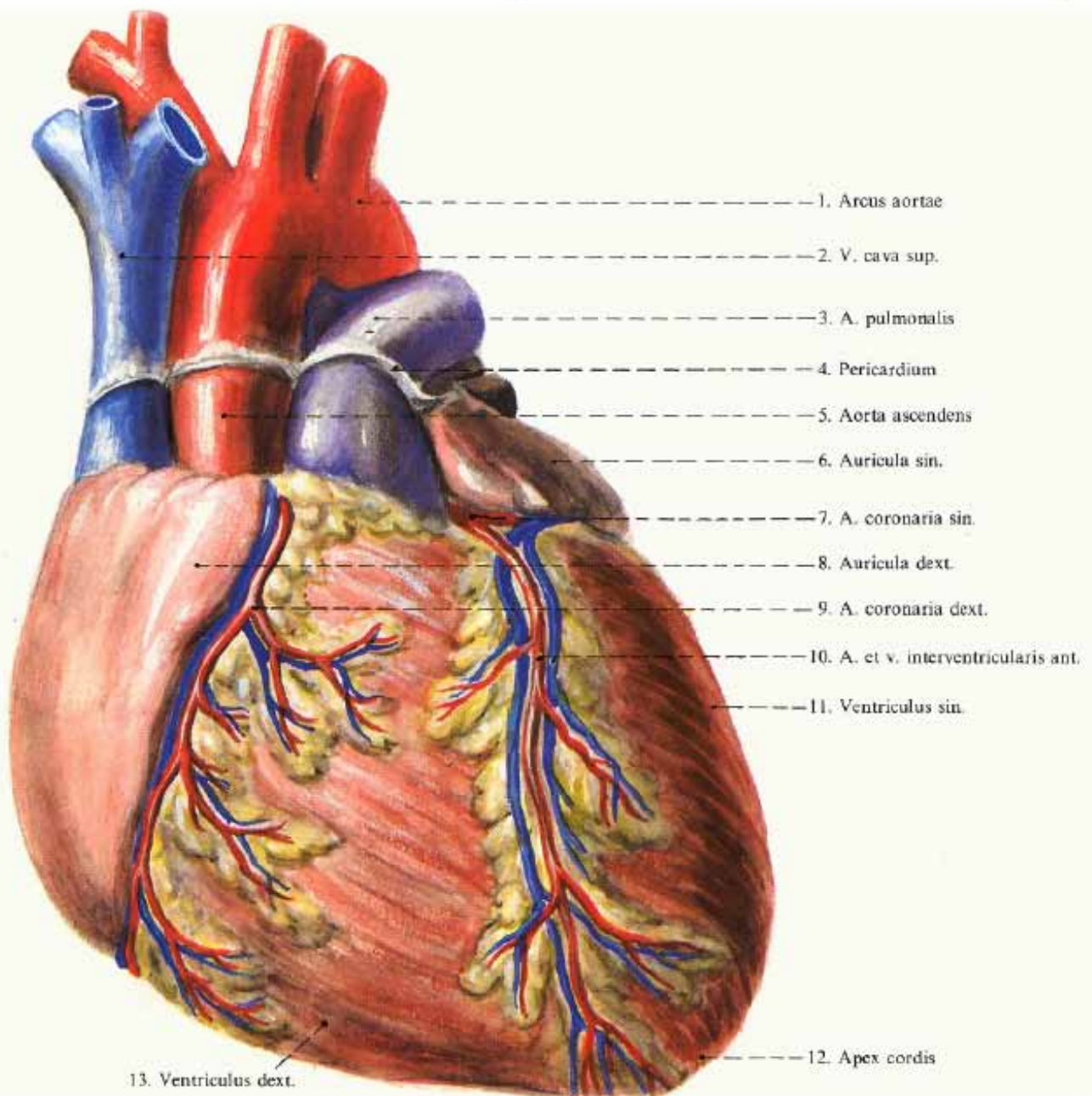
A szív elhasznált vérét a szív vénái gyűjtik össze, a ***vena cordis magna***, a szív elülső és bal oldaláról, a ***vena cordis parva*** pedig a jobb szívrészből gyűjti össze a vért. Ezek egyesülve mint ***sinus coronarius*** ömlenek a jobb pitvarba [3].

A szívizomzat oxigén és tápanyagellátása életbevágóan fontos, mivel a szív az élet során folyamatosan működik és energiaigényét csak oxigén jelenlétében képes megfelelően kielégíteni (aerob anyagcserét folytat). A szív vénás vérének oxigéntelítettsége (szaturáció) mindössze 25%-os, az oxigén parciális nyomása pedig 20 Hgmm körüli. Ez nagyon magas oxigénkihasználást jelent, a szív gyakorlatilag nyugalomban is az oxigénhiány (*hypoxia*) határán dolgozik. Amennyiben az oxigénigénye megnő, azt csak a vérátáramlás hatékony emelésével képes fedezni, ezért a szívet ellátó koszorús erek épsége rendkívül fontos[6].

A következő oldalakon található ábrákon (4-7. ábra) jól látható maga a szív és a rajta elhelyezkedő koszorúerek lefutása. A megszokott atlaszokban található képeken kívül sok 3 dimenziós modell is található a koszorúerekről. Ezek közül néhány szemléletesebb látható a 3. ábrán.

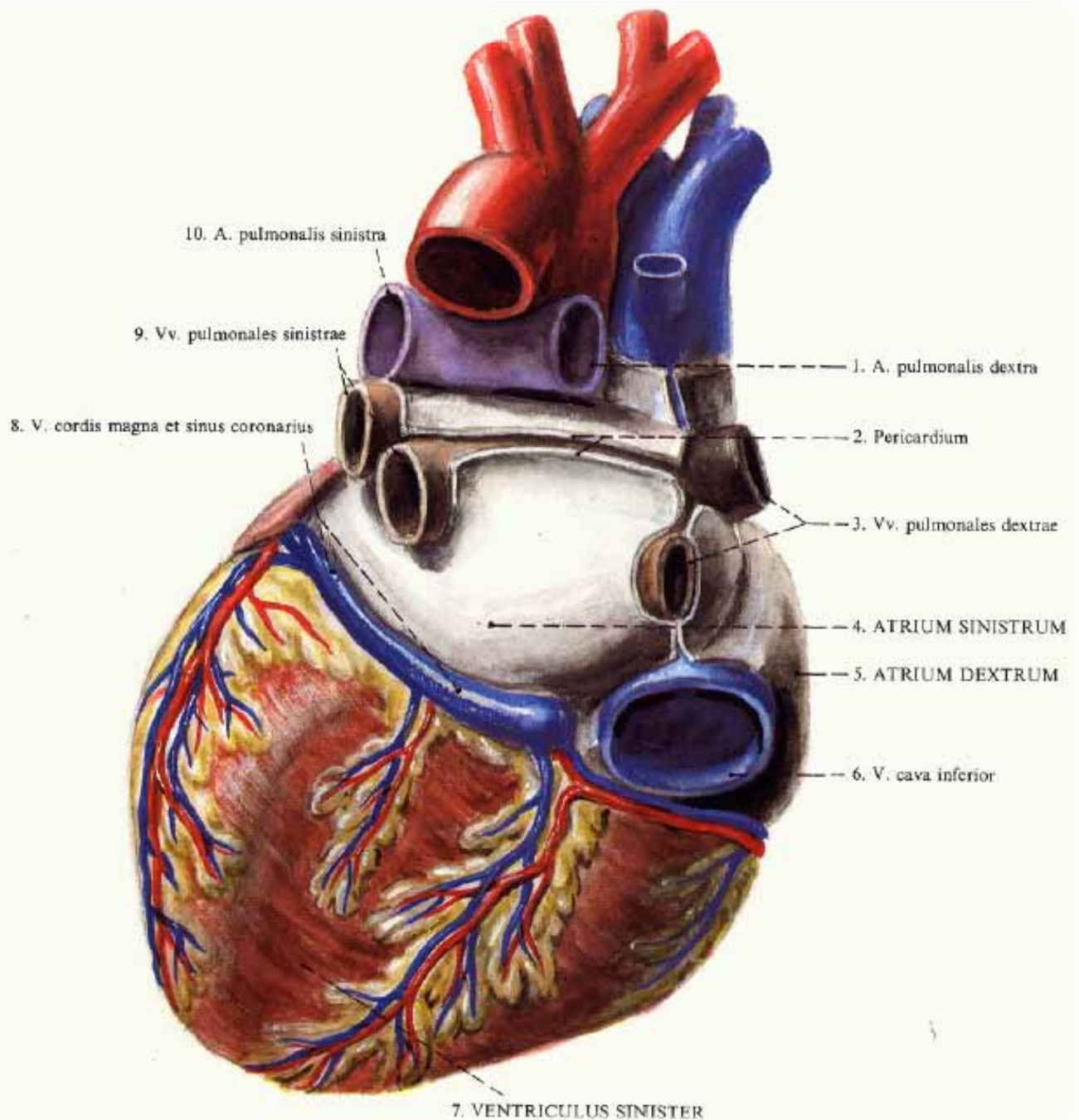


3. ábra: Koszorúerek 3D-s ábrázolása [7]



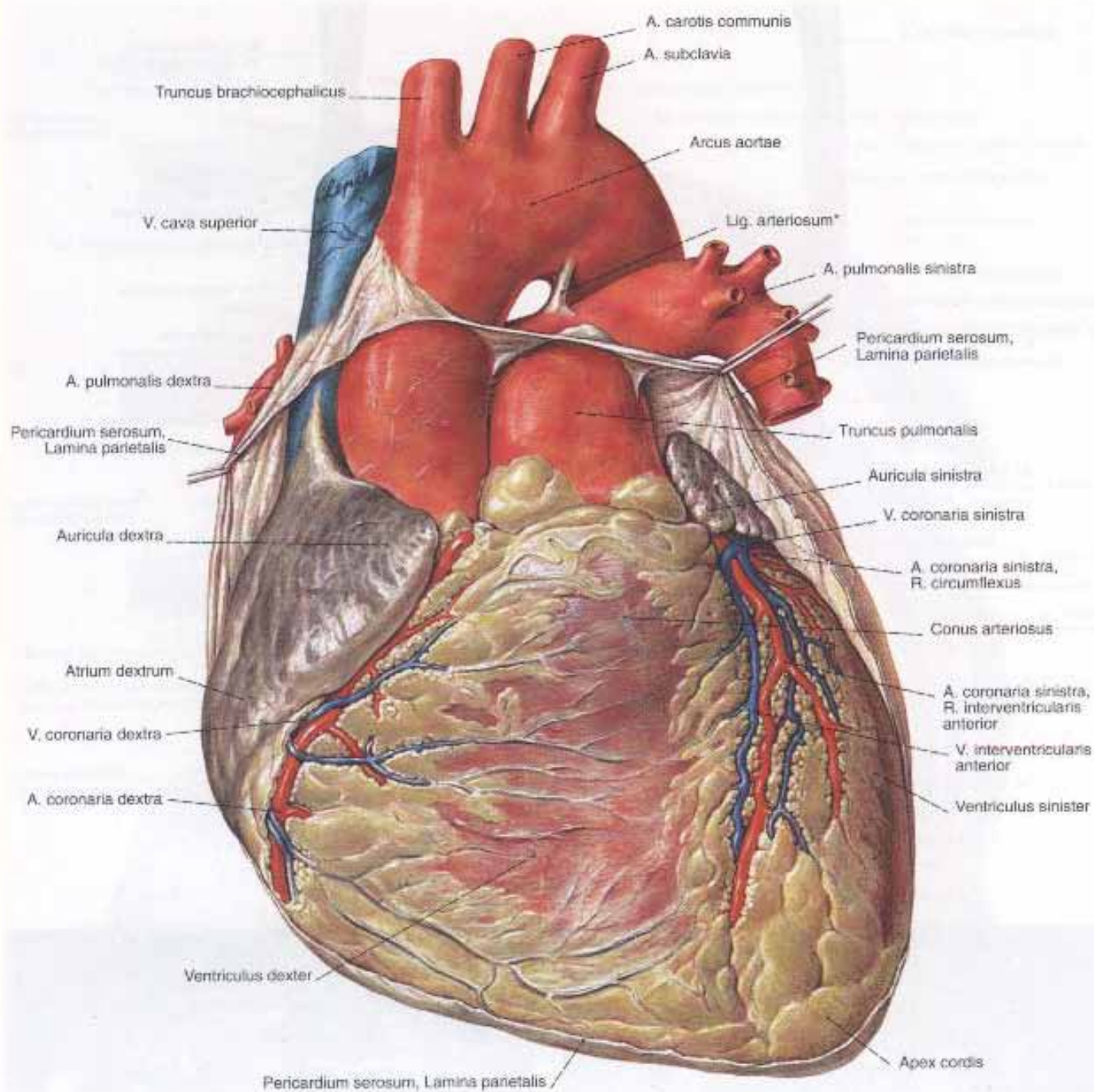
4. ábra: A szív és a koszorúerek előlnézetben [4]

1. Aortaív
2. Felső üres visszér
3. Tüdőverőér
4. Szívburoklemez (áthajlási vonal)
5. Felszálló aorta
6. Bal pitvari fülcsé
7. Bal koszorúverőér
8. Jobb pitvari fülcsé
9. Jobb koszorúverőér
10. Kamrákkozi elülső verő- és visszér
11. Bal kamra
12. Szívcsúcs
13. Jobb kamra

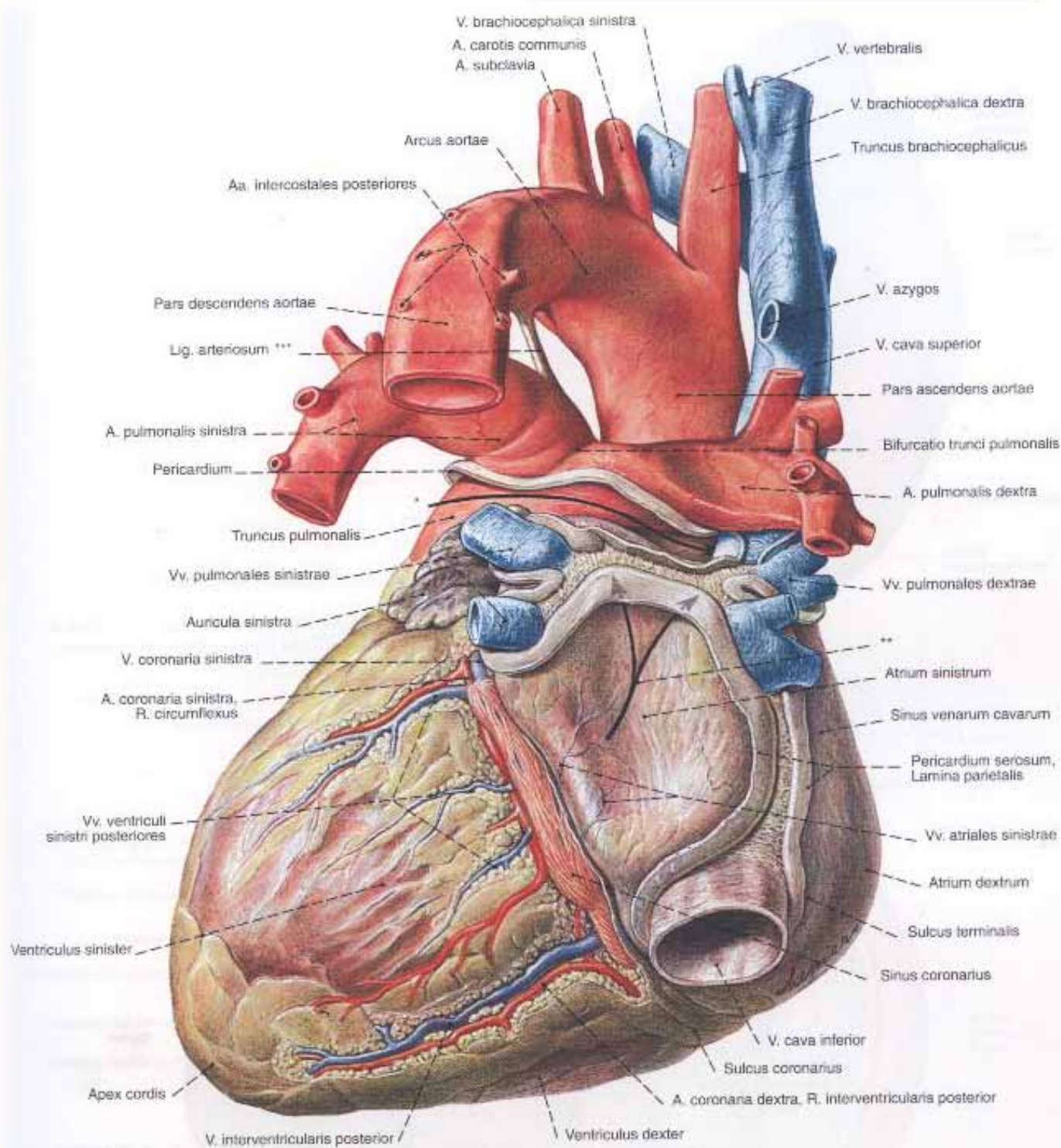


5. ábra: A szív és a koszorúerek hátulnézetben [4]

1. Jobb tüdőverőér
2. A szívburok vénás áthajlása (átvágva)
3. Jobb tüdővisszerek
4. Bal pitvar
5. Jobb pitvar
6. Alsó üres visszér
7. Bal kamra
8. A szív saját fő visszere
9. Bal tüdővisszerek
10. Bal tüdőverőér



6. ábra: A szív elülső felszíne és a koszorúerek nagyobb ágai [8]



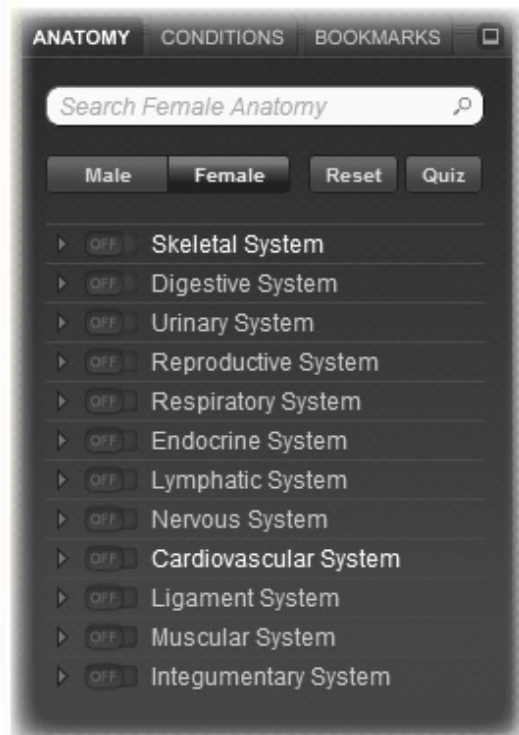
7. ábra: A szív hátulsó felszíne a koszorúerek nagyobb ágaival.
A pericardium a nagyerek körüli áthajlásnál van átmetszve [8]

BioDigital Human

Külön szeretném felhívni a figyelmet erre a honlapra [9]. Igaz az interneten sok 3D-s ábra található, de a legtöbb nem mozgatható vagy csak kis felbontásban előnézet látható az igazi modellről. Ez a honlap nem ilyen, ingyenes és egy teljes emberi 3D-s modell található benne. A modell forgatható, nagítható, mozgatható, a 3D-s nézet mellett röntgenes nézet és a kiválasztott szervre izolált nézet is beállítható a 8. ábrán látható gombok segítségével.



8. ábra: A navigációs gombok



9. ábra: Oldalsáv

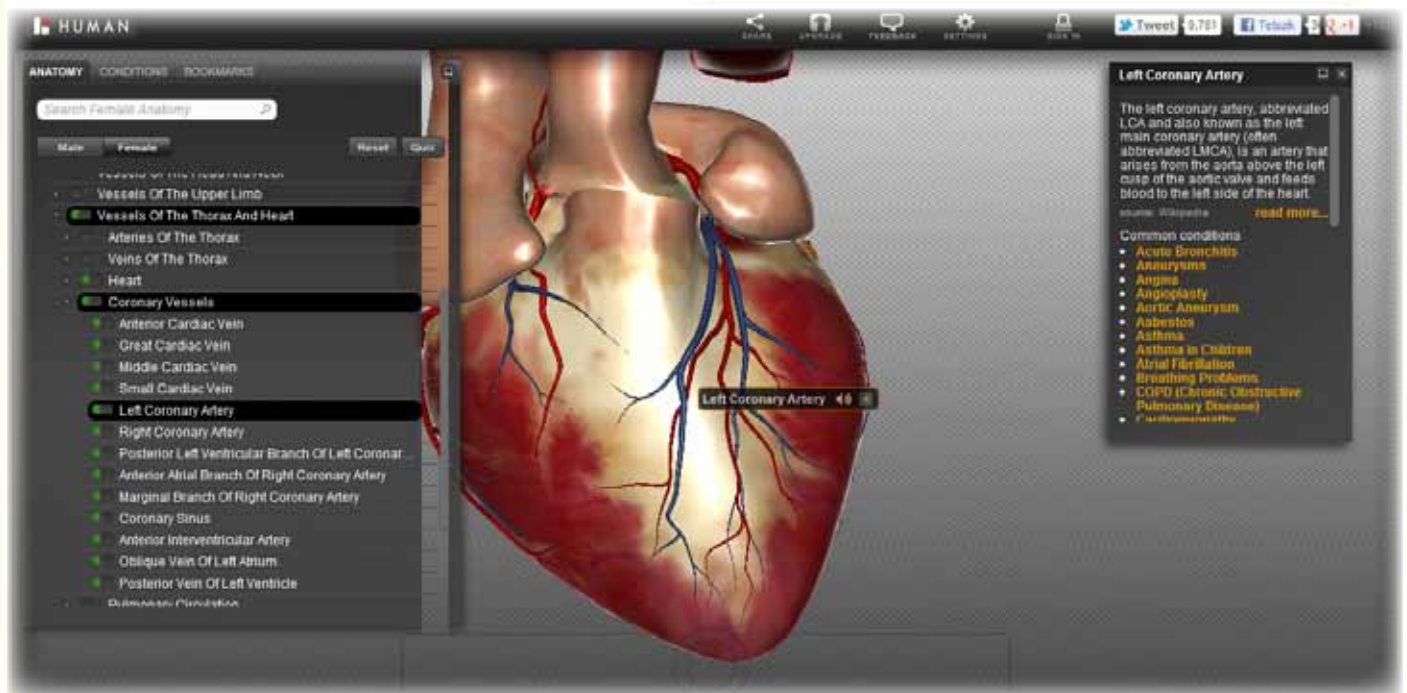
Az oldalsávban (9. ábra) be tudjuk állítani, hogy női vagy férfi testet akarunk-e látni. Majd sorban a következő rendszerek szerveit lehet láthatóvá tenni:

Csontváz rendszer
Emésztőrendszer
Vizeleti rendszer
Nemi szervek
Légző szervek
Belső elválasztású szervek
Nyirokrendszer
Idegrendszer
Szív- és érrendszer
Szalagrendszer
Izomrendszer
Bőr rendszere

A szervrendszereken belül minden egyes szerv láthatóságát külön ki és be lehet kapcsolni. Így a szerv felépítése, formája és a szervezeten belüli elhelyezkedése is megfigyelhető.

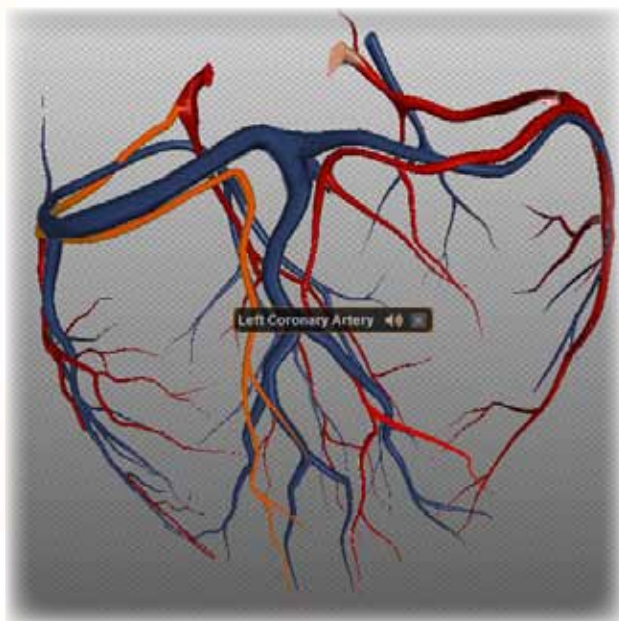
Rákattintva a modellen egy szervre egy kis dobozban megjelenik a szerv angol és latin neve, valamint az alapvető információk az adott szervvel kapcsolatban. Beállítástól függően a szerv nevét hangosan is kimondja a program. Az egyetlen hátránya (vagy előnye), hogy angolul van. Ezen kívül az oldalsáv tetjén található keresővel külön is rá lehet keresni egy adott szervre.

A modell nagyon részletesen és pontosan ki van dolgozva minden szervre, ezért én nem javaslok más modellalkotási technikát. Ez a honlap sokat segíthet a tanulásban és megértésben is. Minimális hátránya, hogy internet kapcsolatot igényel és megfelelő felszereltségű gépen tud csak lefutni.

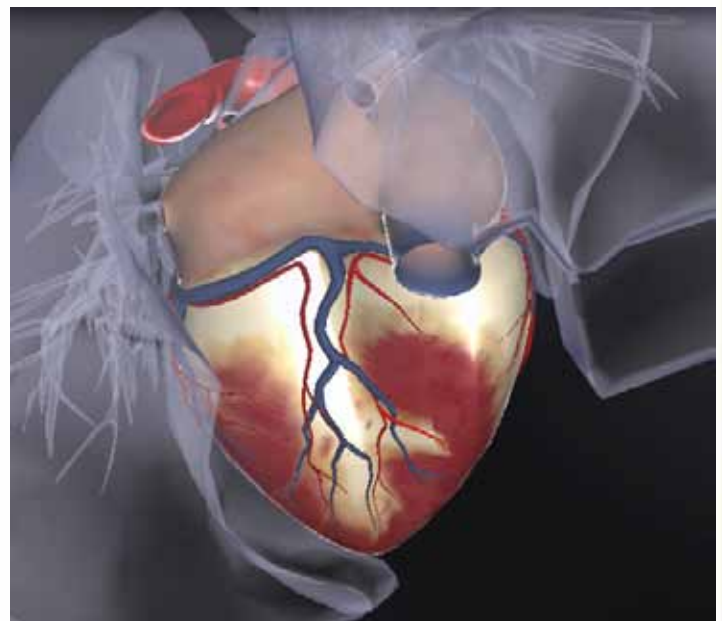


10. ábra: Bal koszorúvérőér kiválasztása

Például a bal koszorúvérőeret kiválaszthatom a modellen (10. ábra), ezután hangosan hallom a nevét ki-mondva, majd sárgával kiemelődik az adott érszakasz (11. ábra). Ha az oldalsávban választom ki, akkor a modellt úgy forgatja, hogy pont lássam a koszorúeret. A felugró dobozban leírja angolul az ér elhelyezkedését és hogy a szív melyik részét látja el vérrel. Linkeket is ad az adott szervvel kapcsolatos rendellenességek vagy betegségek leírásához és ha rákattintunk, megjelenik egy ábra az adott betegségről és a dobozban a betegség leírása található. A 12. ábrán például az angina pectorisz (szívtáji szorító fájdalom) ábrázolása látható.



11. ábra: Bal koszorúvérőér kijelölve

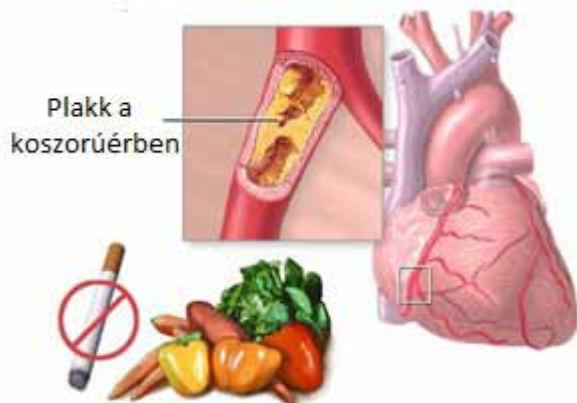


12. ábra: Angina pectorisz

A szív- és érrendszeri betegségek

Szívünk csak egy van. Ha elhal belőle egy nagyobb darab, a fennmaradó része képtelen átvenni a kiesett hányad munkáját, így teljesítőképessége gyengül, és nem tudja megfelelő mennyiségű oxigénnel ellátni a szervezetet. A szívelhalást okozó infarktus azonban meg-előzhető, ahogyan a létrejöttéhez vezető egyéb szív- és érrendszeri betegségek, így a szívkoszorúér-betegség is [10].

A szív- és érrendszer kórfolyamatai a világ szinte valamennyi fejlett országában a leggyakoribb megbetegedések, illetve a vezető halálokok közé tartoznak. Ez a megállapítás a ma-gyarországi viszonyokra is érvényes, és ezek közül is a koszorúér-betegség a legfőbb halálok. [11,12,13].



13. ábra: Plakk a koszorúérben [14]

A betegségcsoport elsősorban a helytelen életmód miatt alakul ki (13. ábra). Összefügg azzal, dohányzik-e az illető, vagy sem, hiszen a dohányzás érszűkítő hatású, az egészségtelen táplálkozással, a kevés mozgással, a sok stresszel és az- zal, hogy a helytelen életmód hatására az embernek magassá vált-e a vérzsírszintje, vérnyomása, és cukorbeteggé lett-e az évek folyamán [10].

Nagyon sok, „hétköznapi” nevezhető betegség tartozik a kardiovaszkuláris rend-szert érintő kórok gyűjtőfogal- mába. Néhányat kiragadva ezek közül: szívinfarktus; mellkasi fájdalmat (angina pectoris) okozó koszorúér-szűkület; szív- elégtelenség; azok a szívelváltozások, amelyek ritmuszavarokat

váltak ki; valamint az általános érelmeszesedés; a féloldali bénulást okozó agyi érelzáródás; a fokozatos szel- lemi leépülés képében megnyilvánuló agyér-elmeszesedés; a szervezet bármely régiójának keringési zavarához vezető érszűkület. Hosszan lehetne még folytatni a felsorolást. A kórképek látszólag semmilyen összefüggést nem mutatnak, viszont mindegyik háttérben érrendszeri elváltozások állnak, az erek falának elzsírosodása, érelmeszesedése [13].

A legnagyobb veszély az, hogy a betegség sokáig tünetmentesen, „némán” zajlik a szervezetben, az ember nem érez semmiféle előjelet. Aztán a kór hirtelen átlendül egy fázison, és megjelennek a tünetek. Mellkasi- szív-táji fájdalom lép fel, vagy akár maga az infarktus [10].

A koszorúér betegség

Koszorúér betegségen a koszorúerek ateroszklerózisát, illetve az ennek kapcsán kialakult kórképeket értjük. Jellemzően a szívet ellátó közepes és nagy verőerek legbelső rétege alá felhalmozódó plakkok az erek szűkü- letét okozzák. A szűkült ér nem képes az általa ellátott szívizomterület számára elegendő oxigént szállítani. Az így kialakult oxigénellátási zavar lehet tünetmentes (néma), de gyakran panaszokat, elsősorban fájdalmat okoz. A leg-enyhébb tünet az úgynevezett angina pectoris, azaz szívizomkárosodással nem járó mellkasi fájdalom, ennél jóval súlyosabb a szívizomelhalással járó szívinfarktus. Az oxigénhiány okozhat továbbá szívelégtelensé- get, szívritmuszavarokat, és hirtelen szívhalált is [15].

Hogyan alakul ki az elváltozás? Az érfalban először lerakódik a koleszterin egyéb káros anyagokkal együtt, amelynek következtében az érfal vastagodni, szűkülni kezd befelé. Emiatt a szűkület utáni terület nem jut ele- gendő vérhez, s vele oxigénhez [10].

A csupán szűkületet okozó koszorúér-plakkok folyamatosan azonos oxigénigénynél jelentkező mellkasi fájdalmat ún. stabil anginát okoznak. Az általában még nem meszes, ún. puha plakkok hajlamosak arra, hogy a véráram felé néző vékony felszínük megrepedjen. A megrepedt plakkot a szervezet érfalsérülésként észleli és a vérezést megelőzendő itt gyors véralvadási folyamat indul be. A véralvadási folyamat eredményeként a meg- repedt plakkon vérrög képződik, mely a vér útját hirtelen jelentősen beszűkíti vagy elzárja. Az elzárt ér által ellátott szívizom nem tud ilyen gyorsan alkalmazkodni a vérellátási zavarhoz, ilyenkor általában szívizomelha-

lás (infarktus) jön létre. A koszorúér-betegek halálát túlnyomó többségben a plakk (14. ábra) megrepedésével járó akut koszorúér szindróma okozza [15].

Régebben azt tartották, négy év kell a folyamat lezajlásához, egyébként pedig minél idősebb az ember, annál nagyobb a valószínűség a szűkület kialakulására. Ma már azonban – az egészségtelen életmód terjedésével – gyorsabban is lejátszódhat a folyamat, ugyanak-kor egyre fiatalabb korosztályokat is érint. Mind gyakoribb, hogy már húsz év körüli élet-korban kimutathatók kisebb lerakódások az érfalban. Ekkor persze még nem okoz problémát, tíz-húsz év múlva azonban már infarktusközelbe juthat az ember – mindeközben észrevétlenül zajlott a tünetmentes időszak, semmi nem utalt arra, hogy már készülődik a baj. Tapasztalati tény, hogy az egyes rizikó-faktorok (dohányzás, túlsúly, cukorbetegség stb.) nem pusztán összeadódnak az emberben, hanem hatványozottan emelik az infarktus kialakulásának valószínűségét [10].

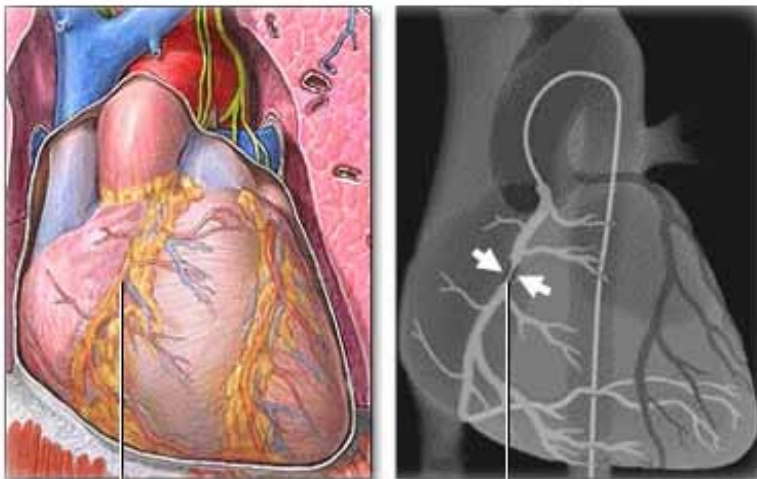
Ha valóban infarktus zajlik, és időben kórházba került a beteg, semmi sincs veszve. Ma már az ország több helyén, nagyvárosokban, egyetemi centrumokban is végeznek katéteres kezelést, amellyel a rendellenesség eredményesen megszüntethető [10].

A betegség kezelése

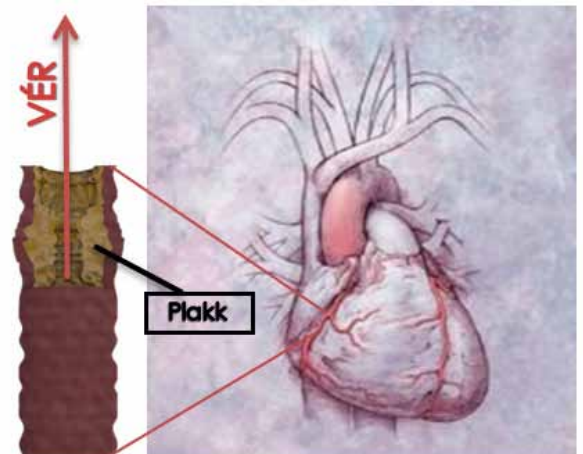
Az első és legfontosabb a koszorúér-plakkok növekedésének megakadályozása, illetve a már kialakult ateroszklerózis súlyosbodásának megállítás [15].

Ha már kialakult a szűkület, mely tüneteket is okoz, a súlyosságtól függően változhat a kezelési stratégia. A stabil angina pectorisz akár ambulánsan is ellátható betegség, azonban nagyon fontos, hogy az instabil angina kórházi felvételt, állandó orvosi felügyeletet igénylő állapot [15].

Az antianginás ellátás lényege, hogy az oxigénellátást javítsuk, ugyanakkor a szív oxigénigényét mérsékeljük. Ennek módszere a gyógyszeres vérrögoldás. Ez olyan gyógyszer, amely specifikusan a vérröghöz kötődik, azt elbontja, és rövid időn belül a vérrögöt feloldva a véráramlást megindítja. Előnye, hogy a legtöbb kórházban rendelkezésre áll. Hátránya, hogy az esetek 10-50%-ában a vérrögoldás nem hoz sikert, és az elzáródás megmarad. Másik hátránya, hogy a tünetek kezdetétől számítva csak az első 3 órában várhatunk sikert a kezeléstől. Emellett ez csak a vérrögöt oldja le, a vérrögeképződés kiindulásáért felelős érsérülést (érelmeszesedéses plakkot) azonban nem [15,17].



15. ábra: A kontrasztanyagot a koszorúérbe fecskendezik [16]



14. ábra: A plakk: szűkületet okozó zsíros, meszes lerakódás az érfalon

Jelenleg a szívkatéteres kezelés a legkorszerűbb eljárás, amellyel a koszorúér-keringést lehet helyreállítani. Lényege, hogy a combartérián (vagy egyéb nagy verőéren) keresztül speciális katétert vezetnek a koszorúér eredéséhez. A vizsgálat során az ereket festékanyaggal töltik meg (15. ábra), majd számítógép segítségével képernyőn követik nyomon, hogy honnantól nem megy tovább a festékanyaggal láthatóvá tett vér, tehát hol van az érelzáródás. Majd a katéteren keresztül nagyon finom eszközökkel az elzáródást mechanikusan megnyitják, ezt követően egy „belső érprotézis”, ún. sztent behelyezésével a szűkült eret is kitégítik, s az érfal sérülését stabilizálják [12,17].



16. ábra: Szívmotor [18]

Az elzáródott erszakasz megkerülése szívsebészeti beavatkozás során készített áthidalással (bypass) a heveny szívizominfarktus kezelésében ma már csak ritkán jön szóba. Ennek során a szívsebész a láb vénáiból, vagy a mellkasfalán futó verőerekből készít áthidalást, melyeken a vér a szűkületeket megkerülve jut a szívizomhoz. Mivel klasszikus formájában ez a beteg számára jelentős megterheléssel járó műtét (szegycsont átvágása után a mellkasba való hatolás, szív leállítása, a műtét alatt szívmotor (16. ábra) és lélegeztető gép használata) az igény nagy, hogy ez a technika is folyamatosan fejlődjön, hogy a beteg számára kisebb megterhelést és veszélyt hordozó legyen a bypass-műtét (dobogó szíven végzett műtétek, nem a szegycsont átvágásával történő behatolásból). Leginkább akkor van rá szükség, ha az elzáródás szívkatéteres beavatkozással nem kezelhető. A hüvelykujj szabály az, hogy minél régebben fennálló, a koszorúér-rendszer minél nagyobb részét érintő ateroszklerózisról van szó a katéteres technikák lehetőségei annál korlátozottabbak és annál valószínűbb, hogy a vérellátás helyreállítása

csak szívsebészeti módszerekkel lehetséges. Ezért is fontos, hogy az esetleges koszorúér-betegség, még a korai szakban felderítésre kerüljön [15, 17].

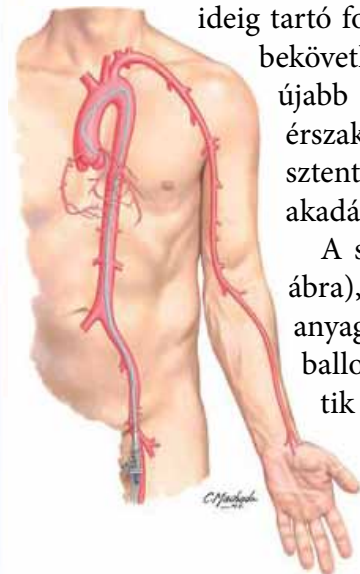
A fentieken kívül igen fontos a tünetek kezelése, valamint a szívinfarktus szövődményeinek (például szívritmuszavarok) kezelése [17].

Szent vagy értágítóbetét

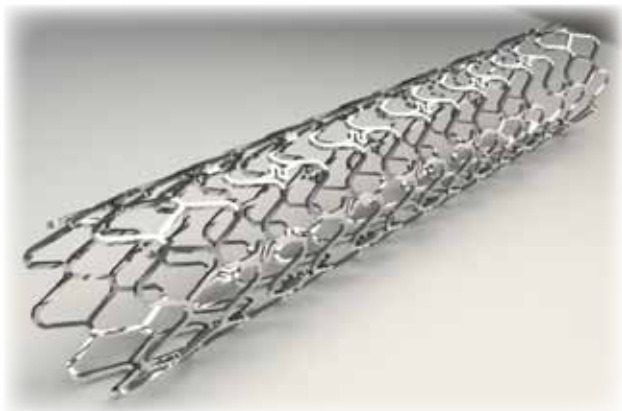
A sztent (angolul: stent) egy hálós falú, általában fémből készült cső, amelyet leggyakrabban elzáródó erekbe helyeznek fel (17. ábra).

A műtét (sztentelés) után az érfal belső olda-lán lerakódott ún. plakk már nem befolyásolja a vér szabad áramlását, mert a felhelyezett implantátum szétfeszíti a szűkült érszakaszt. A sztent felhelyezése az ún. angioplasztika egyik momentumja lehet, ha a ballonos tágitás nem elegendő. A

sztentelt érszakasz visszaszűkülése egy hosszabb ideig tartó folyamat, de nem szükségszerű a



18. ábra: A sztent felhelyezése [20]

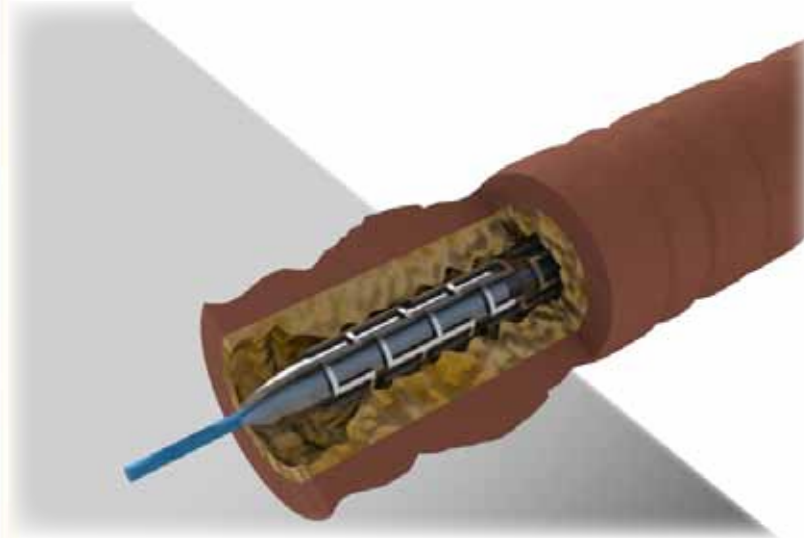


17. ábra: Sztent

újabb sztenteléssel orvosolják a problémát. Szenttel erősíthetők meg az olyan gyenge érszakaszok is, ahol az ér repedésének rizikója áll fenn. Vannak hatóanyag-kibocsátó sztentek is, amelyek lassan, folyamatosan olyan anyagot bocsájtanak ki a vérbe, amely akadályozza az ér ismételt elzáródását [19].

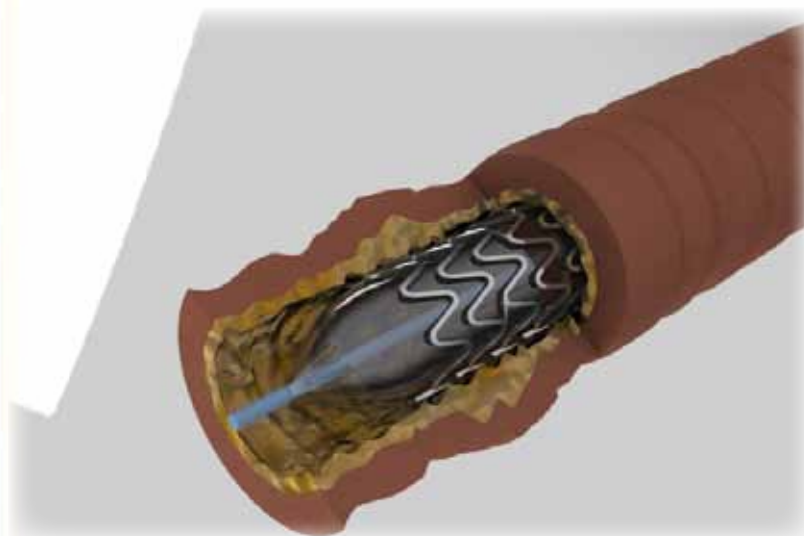
A sztent felhelyezéséhez az orvosnak egy kicsit meg kell nyitnia a felső comb (18. ábra), a kéz vagy a nyak egyik erét. Ezen a nyíláson keresztül dugja fel a flexibilis, műanyag csövet (katétert), egy leeresztett ballonnal a végén. Szükség esetén a leeresztett ballonon egy sztent helyezkedik el. A katéter végét egy vezetődrót segítségével felvezik az ér beszűkült szakaszába. Ugyanígy járnak el, ha a sztentet az aneurizma, vagy az aorta-repedés helyére akarják eljuttatni. Az eseményt folyamatosan monitorozzák egy speciális, kis dózísú röntgen- (ún. flouro-) módban. Az ereket kontrasztanyaggal láthatóvá téve az orvos végigkövetheti a sztent útját a páciensben, így tudja megfelelően pozícionálni az implantátumot [19].

Plakk miatt beszűkült erek tágítása koszorúérszent segítségével



19. ábra

(1) Az implantátumot egy katéteren az artéria kezelésre szoruló szakaszába juttatják, úgy hogy az teljes hosszában lefedje a szűkült részt (19. ábra).



20. ábra

(2) Indeflátor segítségével felfújják a ballont, ami a plakkot az artéria belső falának nyomja. A teljesen felfújott ballon kitágítja a körülötte levő sztentet és ezzel együtt a nyomás hatására az ér is kiszélesedik (20. ábra).



21. ábra

(3) A ballont leeresztik, és a katéterrel együtt kihúzzák. A sztent az artériában marad, megtámasztja az eret, így a vér szabad áramlása biztosított (21. ábra).

Az erek falának szerkezete

Az erek falának három alaprétege van (22. ábra), egy belső, egy középső és egy külső réteg [3].

Belső réteg (*intima*)

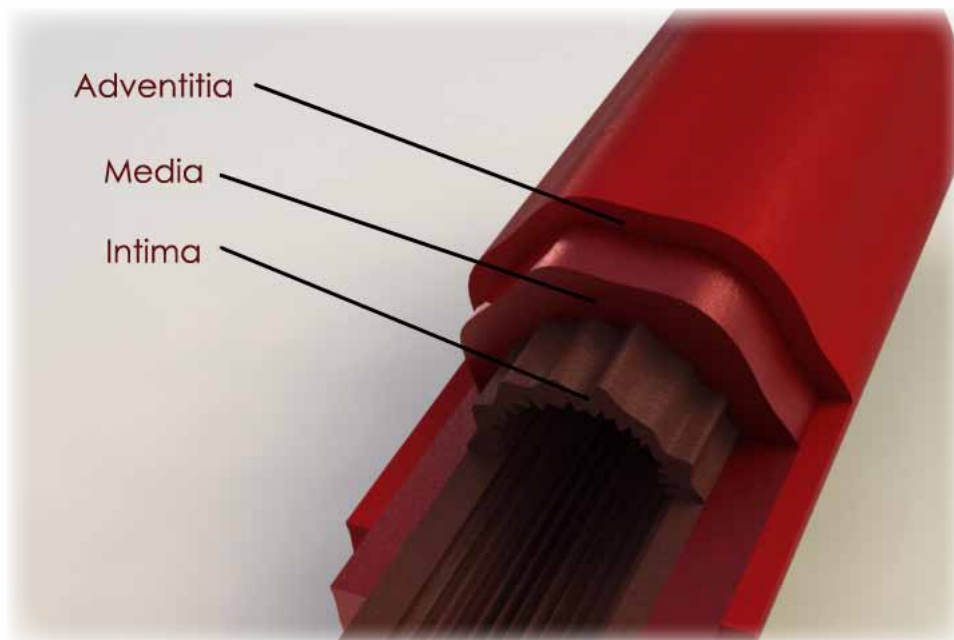
Egyrétegű laphámsejtek, endothelsejtek, a nagyobb erekben még kötőszövetes subendothel réteg is alkotja [3].

Középső réteg (*media*)

Az egyes értípusokban változó a felépítése. Az artériákban ez a réteg a legvastagabb, az elasztikus típusúakban a rugalmas rostok, a muscularis típusúakban a simaizom sejtek dominálnak. Ez utóbbiakban az elasztikus rostok a media belső és külső szélén elasztikus membránokat alkotnak. A kapillárisokban viszont csak rácsrostokból álló vékony alaphártya (*membrana basalis* vagy *lamina basalis*) alkotja [3].

Külső réteg (*adventitia*)

Erenként és testtájanként változó vastagságú. Általában laza rostos kötőszövetből épül fel, és benne futnak az erek falát tápláló erek (*vasa vasorum*). A kapillárisoknál - ha adventitiájuk van - azt változó sűrűségben elhelyezkedő pericyták alkotják. Az ereket a környező szervekhez fűzi [3].



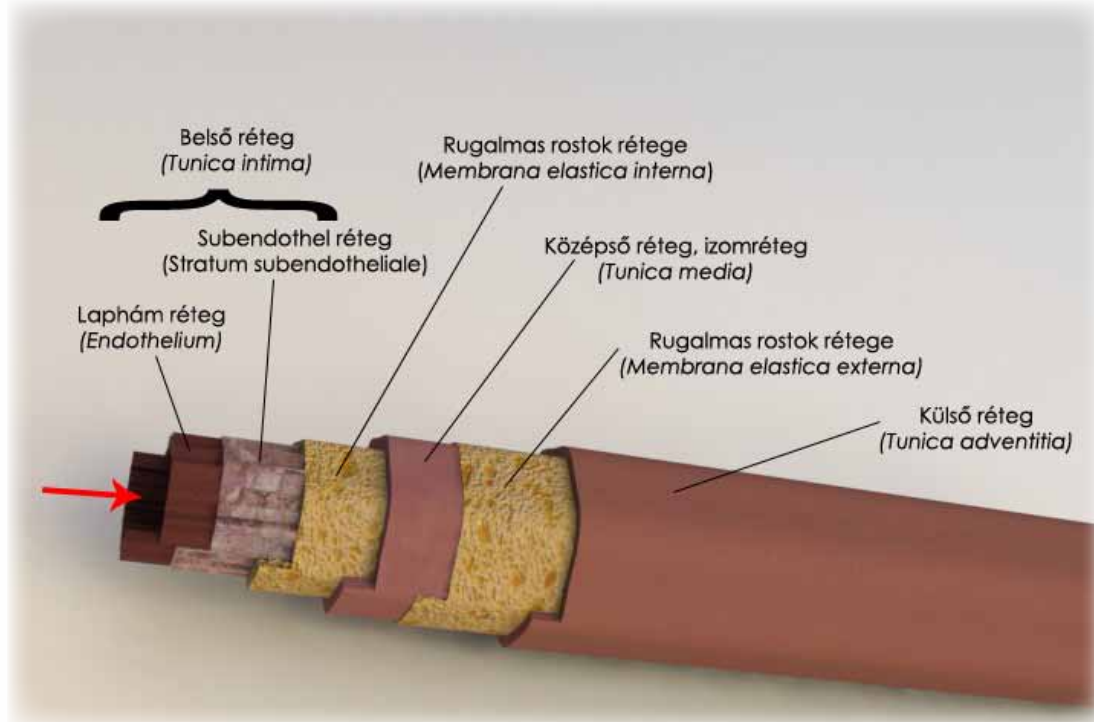
22.ábra: Az erek falának három alaprétege

Az erek szerkezete

A vérerek három csoportba oszthatók a vér áramlásának iránya (és nem a bennük áramló vér minősége) szerint. Ezek: a kamrákból eredő artériák, *arteriae* (ütő-, verő-, osztóerek), a szervezetben hálózatot képező kapillárisok, *vasa capillaria*, és a kapillárisoktól a szívhez térő vénák, *venae* (gyűjtő-, vivő-, visszerek), csoportja [3].

Verőerek (artériák)

A szív felől szállítják a vért a periféria felé. Faluk rugalmas, rajtuk löktetés - pulsus - tapintható.



23. ábra: Artéria falának felépítése

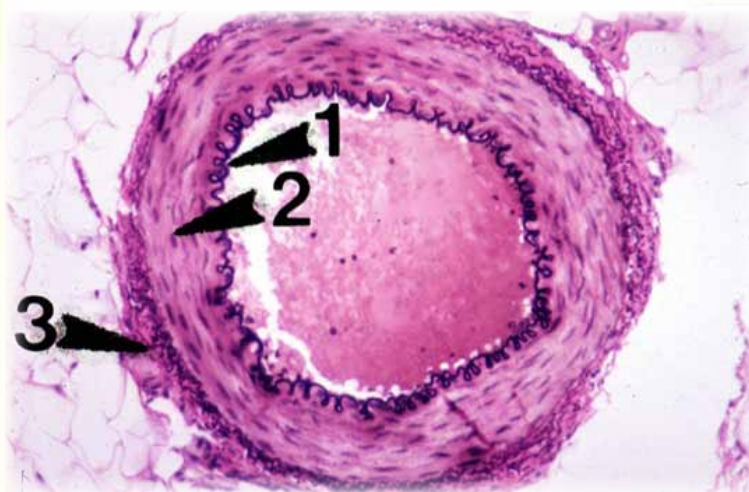
Fal szerkezetük és méretük alapján több típusuk van:

Elasztikus típusú artériák

A szív közeli nagy artériák (aorta, a. carotis, a. subclavia, a. iliaca). Falukban igen sok az elasztikus rost: a szív systoléjakor kitágulnak, majd a diastolében összehúzódva biztosítják a vér folyamatos áramlását az erekben [3].

Az érfalak rétegei:

1. A tunica interna az ér falvastagságának kb. 1/6-át képezi; endothel sejtrétegből, ez alatti hosszant rendeződött, vékony, rugalmas rostokat és kevés kötőszöveti sejtet tartalmazó subendothelialis rétegből, *stratum subendotheliale*, és főképpen körkörös lefutású, vastag, rugalmas és kevés collagenrostot tartalmazó kötőszövetes rétegből, *membrana elastica interna*, áll [3,21].
2. A tunica media változó számú (kb. 40–70), hüvelyszerűen egymásba illeszkedő, szövetszerűen összefonódott, rugalmas rostból álló, lyukas lemezhez hasonló ablakos hártlyából, *membrana fenestrata*, épül fel, ezt vékony, rugalmas és kevés collagenrostból álló kötőszövet fűzi egymáshoz, amely kevés simaizomsejtet tartalmaz. A sejtek közötti állományt glükózaminoglikánok alkotják [3,21].
3. Az adventitia vékony, nagyjából hosszant lefutó, rugalmas és collagenrostot tartalmazó, laza rostos kötőszövet. Benne az érfal táplálói, *vasa vasorum*, ágazódnak el [3,21].



24. ábra: Az artéria érfestése

A szívkamrák összehúzódásakor (systole) a nagyerekbe nyomuló vérmennyiség pulzushullámot vált ki. Ez a vérnyomást növelő pulzushullám végigterjed az artériarendszeren. A szívkamrák falának elernyedésekor (diastole) a kamrák billentyűi záródnak, és megakadályozzák az erekbe préselt vérmennyiség visszaáramlását. Ha az erek fala merev volna, a vérnyomás és az áramlás ingadozása igen szélsőséges, nagyfokú lenne, a nagyerek rugalmas fala azonban systole idején tágul, és ezáltal mintegy energiát tárol, amely diastole alatt a rugalmas érfal összehúzódásakor felhasználódik [3,21].

Ez akadályozza a vérnyomás hirtelen csökkenését, és megtartja a véráramlás folyamatosságát. A nagyartériák ezáltal a vérkeringés ún. nyomáshullám-kiegyenlítő berendezései. Az elastikus típusú artériák rendszerint a szív közelében találhatók, ahol a vérnyomás magas [3,21].

Muscularis típusú artériák

Falukban sok a simaizom, így tágasságuk bizonyos határok között szabályozható. Szerepük van a vérnek a testrészek közötti elosztásában. A testben mind apróbb ágakra oszlanak. Ilyenek a középnagy artériák [3].

Faluk rétegei:

1. A tunica intima endothelrétegében a sejtek az ér hosszában rendeződnek; alattuk laza rostos kötőszövet van, amely azt a lamina elastica internához fűzi [3,21].
2. A tunica media körkörösén vagy laposan spirálisan rendeződött simaizomsejtek vastag, lemezszerű rétege, amely a fal vastagságának több mint a felét alkotja. Az izomsejtek kötegeit vékony, hártyaszerű, rugalmas collagen- és rácsrostokat tartalmazó kötőszövet fűzi egymáshoz [3,21].
3. A tunica adventitia belső, körkörös, és külső, spirális lefutású rugalmas és collagenrostokat tartalmaz; a media közelében egymásba fonódó rostjai lemezt, *membrana elastica externa*, képeznek. A nagyobb erek adventitiájában vasa vasorumot találunk. Az adventitia a zárt testüregekben haladó artériákban (koponyaüreg, hasüreg) vékony, a végtag artériáiban és a felületesen haladó erekben vastag [3,21].

A muscularis típusú artériák aktív összehúzódásra képesek, a vér áramlását aktívan segítik, ezáltal szabályozzák az egyes szervek, testrészek vérellátását. Befolyásolják a vérelosztást azáltal is, hogy a vérnyomást bizonyos határok között szabályozzák. Összehúzódásukkor lumenük csökken, a vérnyomás nő, tágulásukkor csökken a vérnyomás, a szív működése lassul. A muscularis típusú artériák aktív szerepére utal az is, hogy a szervezet összes artériáinak simaizom-mennyisége jóval több, mint a szívizom rostjaié. Az artériák mindig a bizonyos fokú összehúzódás állapotában vannak. A szövetekben átvágott artéria végei megrövidülnek, a szövetekbe visszahúzódnak, eltávolodnak egymástól [3,21].

Kisartérák és arteriolák

A kapillárisok előtti artériás szakasz. A falukban lévő simaizom tágasságukat jelentősen változthatja. A vérnyomás szabályozásában fontos szerepük van, de a kapillárisok előtti nyomáscsökkentő szelep szerepét is el látják. Általában azok az erek, amelyek falában specifikus festéssel rugalmas rostot kimutatni már nem lehet. Elkülönítésük a muscularis típusú artériáktól viszonylag nehéz, mert a szerkezeti különbség csekély [3,21].

1. A tunica intimát hosszant rendeződő endothelsejtek képezik. Az endothelréteg alatt *membrana elastica interna* van [3,21].

2. A tunica media a nagyobb arteriolákban 3–4, a praecapillarisokban egy sejtrétegű. A simaizomsejtek között rácsrosthálózat van [3,21].

3. A tunica adventina a nagyobb arteriolákban hosszant rendeződött rugalmas és collagen rostkötegekből áll. A praecapillaris arteriolákban a rostok száma csekély [3,21].

Az arteriolákban áramló vér meglehetősen nagy artériás nyomása gyorsan csökken, és a praecapillarisokhoz jutva a kapillárisrendszerre általában jellemző alacsony vérnyomást találunk. A kapillárisok előtti arteriolák tehát a nyomáscsökkentő szelepekhez hasonlóan működnek [3,21].

Az artériák falának táplálása és beidegzése

Az artériák falának belső rétegeit az intimán keresztül, diffúzió útján táplálja a bennük áramló vér. A diffúzióban nagy szerepük van az ablakos hártványoknak. Az ér falának külső rétegét a nagyartériákban az adventitia saját erei, vasa vasorum, látják el; végágaik a mediába is behatolnak. A kisebb artériákat a környező szövetek kapillárisai táplálják [3,21].

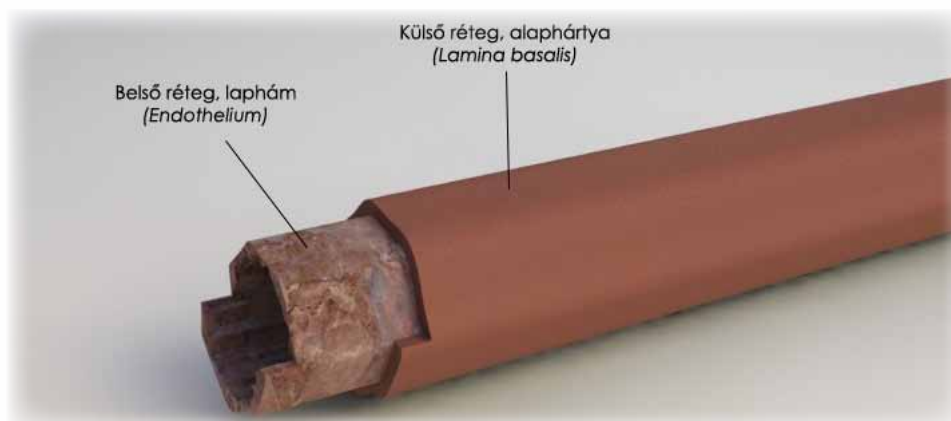
Az artériák falának vérellátását a viszonylag magas vérnyomás gátolja, a falban levő kapillárisokban ugyanis a vér áramlását az artéria falát feszítő magasabb vérnyomás akadályozza. Ez az egyik oka az érfal korai öregedésének, a szövetek anyagcseréje során keletkező káros, nagyjából kolloidális, nagy molekulájú anyagok felszaporodásának [3,21].

A vérkeringést az idegrendszer szabályozza. Az erek falában sok helyen találhatók idegvégződések, vérnyomásérző baroreceptorok (sinus caroticus, az aorta fala) és a vér kémiai összetételét jelző chemoreceptorok (*glomus caroticum*). Előbbiek megtalálhatók az aorta ívének falában és a belső fejartéria eredésének sinusszerű tágulatában (*sinus caroticus*), illetve annak közelében (*glomus caroticum*). Más típusúak találhatók a vese ereinek falában, az agyvelő artériáinak falában stb. A receptorok működését az élettan tárgyalja [3,21].

Hajszálerek (kapillárisok)

Az érrendszer legtágabb szakaszát alkotják. Falukon keresztül történik a gázcsere, a tápanyagok felvétele és a salakanyagok leadása. Falukat endothelsejtek és lamina basalis alkotja, a víz és a vízben oldott anyagok számára átjárható (szelektív permeabilitás). A nem működő szervekben a kapillárisok egy része zárva van. Falukat harántmetszetben 1–3 endothelsejt képezi, amelyet körkörös lefutó rácsrostok alaphártyába tömörülő fonata vesz körül, amit pericyták öveznek. Átmérőjük az állatfaj vörös vérszójáinak átmérőjéhez hasonló, 5–15 mikrométer [2,3].

Fontos a kapillárisok endothelsejtjeinek szintetizáló és anyagcsere-működése (prostaglandin I_2 -t, plazminogén aktivátort, interleukin-I-et termelnek, angiotenzin I-ből angiotenzin II-t hoznak létre, stb.). Antitrombogén funkciójuk is van: antikoaguláns (trombomodulin) és antitrombogén (prostaciklin I_2) faktort szintetizálnak [3].



25. ábra: Kapilláris falának felépítése

A kapillárisoknak több fajtáját különítjük el felszerkezetük alapján:

Kontinuus falú kapilláris

Ez a tipikus izomban, tüdőben, idegrendszerben. Sok pinocytoticus hólyag van az endothelisejtekben (transzportfunkció). Néhol pericyták láthatók a külső felszínen, amik differenciálatlan, precursor sejtek (pl. a sebgyógyulásnál is szerepük van) [3].

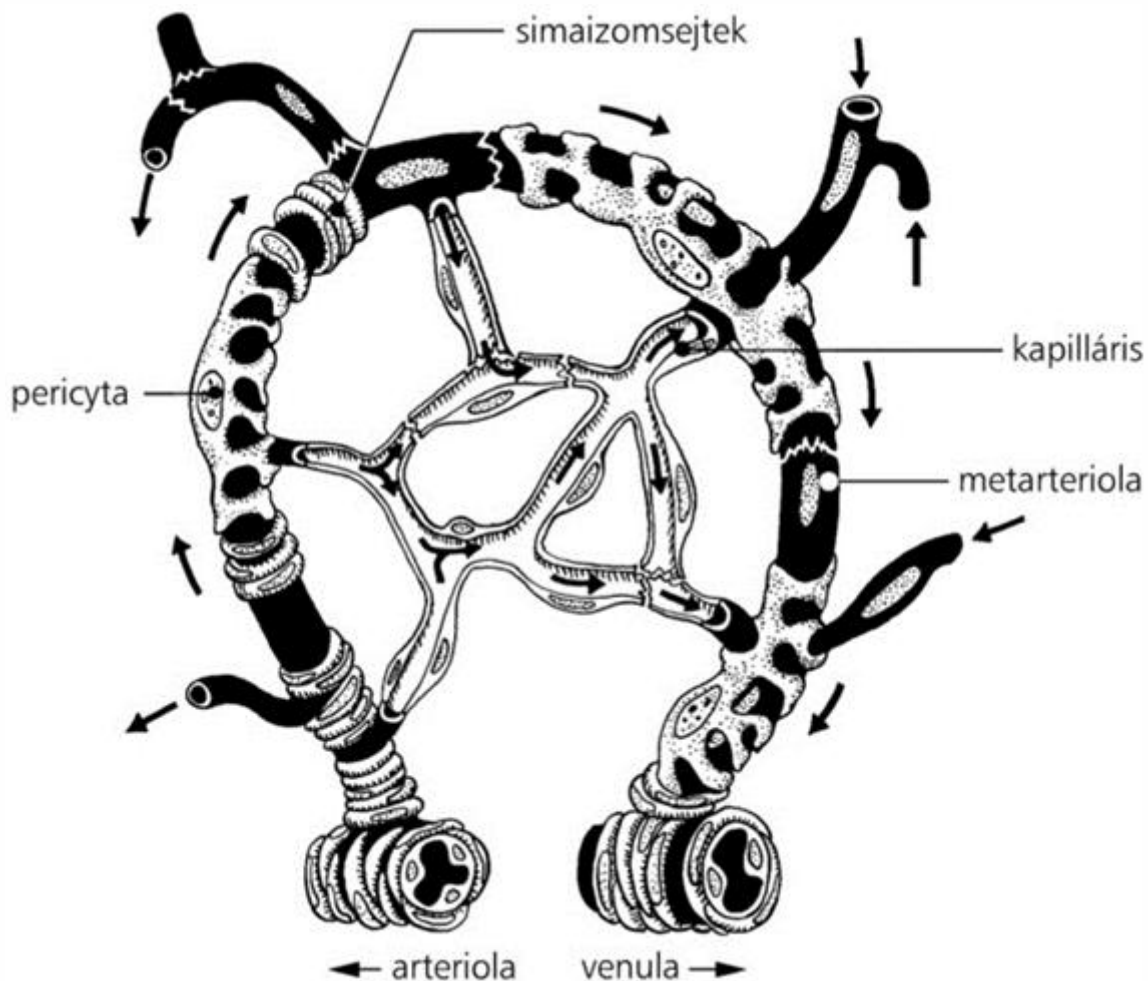
Fenesztrált falú kapilláris

Endokrin szervekben, epehólyagban, bélben abszorpciót végeznek. Falán 80-100 nm-es nyílások vannak. Ha működik, akkor ennek falában is sok pinocytoticus hólyag található. Ha nem működik, akkor fala vastagabb. Diaphragmaként (válaszfalként) működik [3].

Sinusoid kapilláris vagy sinusoid-diszkontinuus falú kapilláris

Ez a tipikus pl. májban, lépben, vesében. Felszerkezete rendkívül változatos, eltér más kapillárisokétól (pl. Kupffer-sejt a májban, részben vagy teljesen hiányzik az endothel alatti lamina basalis, a lépben lévő speciális endothelsejtek, stb.) [3].

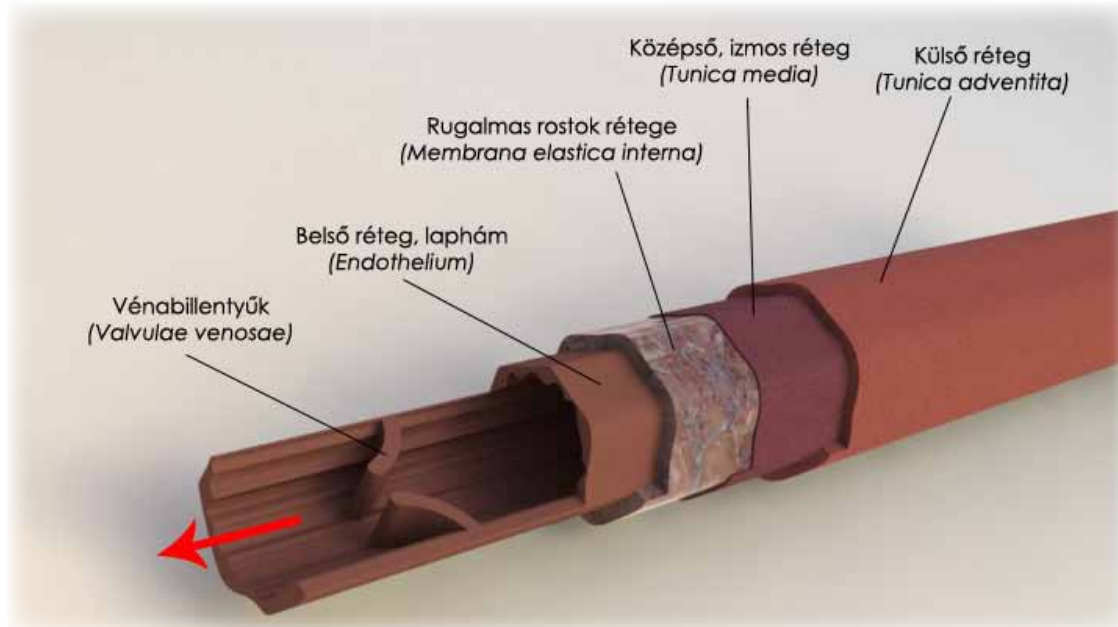
Külön kell említeni a vénás sinusokat. Az érpálya vénás szakaszába iktatott, endothellel bélelt, de önálló fallal általában nem rendelkező nagyobb öblök a sinusok [3].



26. ábra: A kapilláriskeringés szerkezeti elve. Az arteriolát a venulával kitüntetett capillaris jellegű ércsatorna köti össze, melynek főleg kezdeti és végső részét elszórt simaizomsejtek veszik körül (neve ezért metaarteriola vagy muscularis capillaris). Endothelcsövét és alaphártyáját pericyták nyúlványai ölelik körül. A kitüntetett csatornából minden irányba ágazik el a valódi capillarisok hálózata [21].

Gyűjtőerek vagy visszerek (vénák)

A szív felé szállítják a vért. Faluk vékonyabb, mint az artériáké, és bennük néhol semilunaris billentyűk találhatók. A vénák falának szerkezete szerint kis-, középnagy és nagy- vagy fővénákat különböztetünk meg [3,21].



27. ábra: Véna falának felépítése

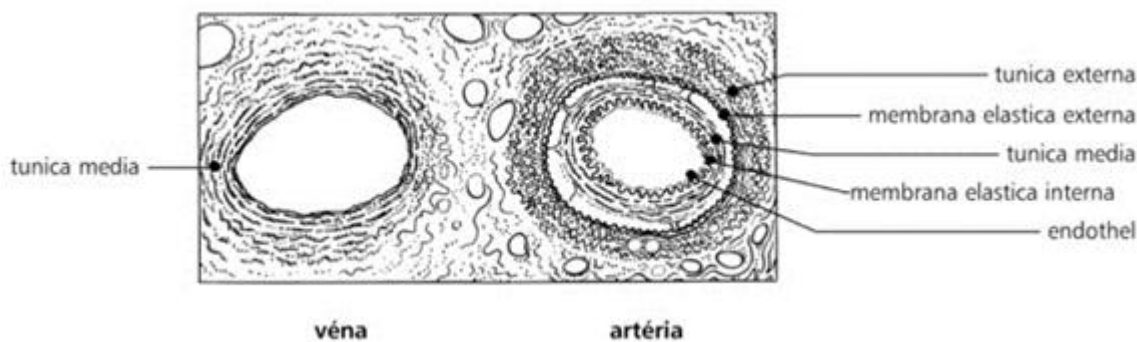
Kis- és a középnagy vénák

1. A kis- és a középnagy vénák intimáját bélelő endothelréteg alatt nagyon vékony subendothelialis kötőszövet van, amely azt a főként hosszanti lefutó, rugalmas rostokból álló membrana elastica internához fűzi.
2. A tunica media vékony, simaizomsejtekből és nagyobb részben collagenrostokból áll. A végtagok bőrvénáinak falában sok simaizomsejt van, amelyek belső, hosszanti és külső, körkörös vagy spirális réteget képeznek a mediában.
3. A tunica adventitia a legvastagabb réteg, nagyobb részben hosszanti vagy spirálisan lefutó collagenrost nyálából, kevés simaizomból és rugalmas rostokból áll [3,21].

Nagy- vagy fővénák

1. A nagy- vagy fővénák intimáját vastagabb subendothelialis kötőszövet övezi.
2. Mediája vékony, kevés izomsejtet tartalmaz.
3. Itt az adventitia a legvastagabb; benne vaskos, spirálisan lefutó simaizomkötegek, collagen- és rugalmasrost-kötegekkel váltakoznak [3,21].

A koponyaüregi vénák és a nagyvénák fala vasa vasorummal jól ellátott, ágaik a mediába is behatolnak. A fal nyirokérhálózata bő. Az artériákban nincs nyirokérhálózat, ez az artériákban uralkodó magasabb vérnyomással magyarázható. A vénák mentesek az artériákra jellemző „lerakódással” járó megbetegedésektől, viszont éppen nyirokereik révén a vénák falát gyakran infiltrálják (daganatok) [3,21].



28. ábra: Véna és artéria összehasonlítása [2]

A vénabillentyűk

A vénabillentyűk, *valvulae venosae* a vénás keringést segítő, a szomszédos szervek működésekor keletkező mechanikai energiát hasznosító berendezések. Zseb alakú intimakettőzetek, amelyek azonos nagyságúak, és párosával, esetleg hármasával, ritkábban egyesével emelkednek a vénák üregébe. A 29. ábrán látható piros nyíl jelzi a vér áramlásának irányát. Szelepszzerűen működnek. A zsebszerű billentyűk szélei a szív felé irányulnak; ha a vér pang, a vér kitölti a zsebszerű billentyűk üregét, ezáltal a billentyűk szélei összezsapódva megakadályozzák a vér visszaáramlását, tehát a vénarendszerben csupán az egyirányú, a szív felé való áramlást teszik lehetővé. Túlzott igénybevételkor a vénák fala a billentyűk közelében és azoktól periferikusan tágul (vénatágulat, *varix*). A billentyűk száma a végtagok vénáiban több, a fej és a nyak vénáiban kevesebb [21].



29. ábra: Billentyűk

A vénaöblök vagy vénasinusok, sinusoid vénák

A vénarendszer egyes, csupán endothelrétegből és subendothelialis szövetből álló szakaszai kitöltik a szervek közötti makroszkópos nagyságú réseket, rekeszeket, s tágulatokat, *sinusokat*, illetőleg mikroszkópos nagyságú réseket elfoglaló, kapilláris nagyságrendű *sinusoidokat* képeznek. Nem szabályos csövek, hanem a rendelkezésükre álló rések alakjához idomulnak [21].

Vénasinusok (*sinusoidok*) vannak a kemény agyvelőburok kettőzetei között (*sinus durae matris*), a csontvelőben, a csont szivacsos állományának rekeszeiben; a koponyatetőben a *venae diploicae* szintén sinusokat alkotnak. Sinusoidok többek között a májlebenyke hajszálerei, a hypophysis elülső lebenyének öblei, a lép, a nyirokcsomók postcapillaris vénaöblei stb. Falukat sok esetben nem endothelsejtek, hanem a reticuloendothelialis rendszerhez tartozó sejtek bélelik [21].

A koponyaűri vénasinusok összenyomhatatlanok, ezáltal a koponyaűri szervek nyomásának növekedése sem képes akadályozni a vér áramlását [21].

- [1] kép: Borítókép
<http://www.anatomium.com/n-blood.html> (2012, május)
- [2] Az érrendszer, systema vasorum
<http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/> (2012, május)
- [3] Dr. Tarsoly Emil - Funkcionális anatómia, Budapest, 1999
- [4] kép: A szív és a koszorúerek
Dr. Donáth Tibor - Anatómiai atlasz, Budapest, 1985
- [5] Dr. Jánosi András - Szívbetegségeket képes ABC-je
<http://mek.niif.hu/01100/01161/html/sziv.htm> (2012, május)
- [6] A szív
<http://hu.wikipedia.org/wiki/Sz%C3%ADv> (2012, május)
- [7] kép: Koszorúér modell
http://www.3dscience.com/3D_Models/Human_Anatomy/Heart/Heart_3_Vessels.php (2012, május)
- [8] kép: A szív és a koszorúerek
Sobotta - Az ember anatómiájának atlasza, 2. kötet: Törzs, zsigerek, alsó végtag, 1994
- [9] 3D-s modell
<https://www.biodigitalhuman.com/> (2012, május)
- [10] Farkas Cs: Szív és érrendszeri betegségek – Életmentő megelőzés. Élet és tudomány, 2008. november
- [11] A szív- és érrendszeri betegség a vezető halálok
http://www.webbeteg.hu/cikkek/sziv_es_errendszer/3573/a-sziv-es-errendszeri-betegseg-a-vezeto-halalok (2012, május)
- [12] Szív- és érrendszeri betegségek
<http://www.hazipatika.com/services/betegseglexikon/view?id=3> (2012, május)
- [13] Dr. Nádházi Zoltán: A szív-érrendszeri betegségek rizikófaktorai, 2006
<http://www.vital.hu/themes/sick/cardiovasc1.htm> (2012, május)
- [14] kép: Plakk a koszorúérben
http://www.advocatehealth.com/body.cfm?xyzpdqabc=0&id=22&action=detail&AEArticleID=000003&AEProductID=Adam2004_10&AEProjectTypeIDURL=APT_10 (2012, május)
- [15] Dr. Magony Mónika: Koszorúér-betegségek
<http://www.hazipatika.com/services/betegseglexikon/view/Koszoruer-betegsegek?id=165> (2012, május)

[16] kép: A kontrasztanyagot a koszorúérbe fecskendezik

http://www.advocatehealth.com/body.cfm?xyzpdqabc=0&id=22&action=detail&AEArticleID=000003&AEProductID=Adam2004_10&AEProjectTypeIDURL=APT_10 (2012, május)

[17] A koszorúér betegségről, Az infarktus: tünetei és kezelése

http://www.kastelyszanatorium.hu/hu/A_koszoruer_betegsegrol (2012, május)

[18] kép: Szívmotor

http://international.transmedics.com/wt/page/ocsheartintro_med (2012, május)

[19] A sztent

<http://astent.blogspot.com/2008/04/mi-stent.html> (2012, május)

[20] kép: A sztent felhelyezése

Boston Scientific – Promus Everolimus-Eluting Coronary Stent System, Patient Information Guide (2012, május)

[21] Szentágothai János, Réthelyi Miklós - Funkcionális Anatómia II., Budapest, 2006

[22] kép: Artéria érfestése

<http://szocialis-gondozo.lapunk.hu/tarhely/szocialis-gondozo/kepek/egeszsegismeret/eu64erszerk.jpg>