

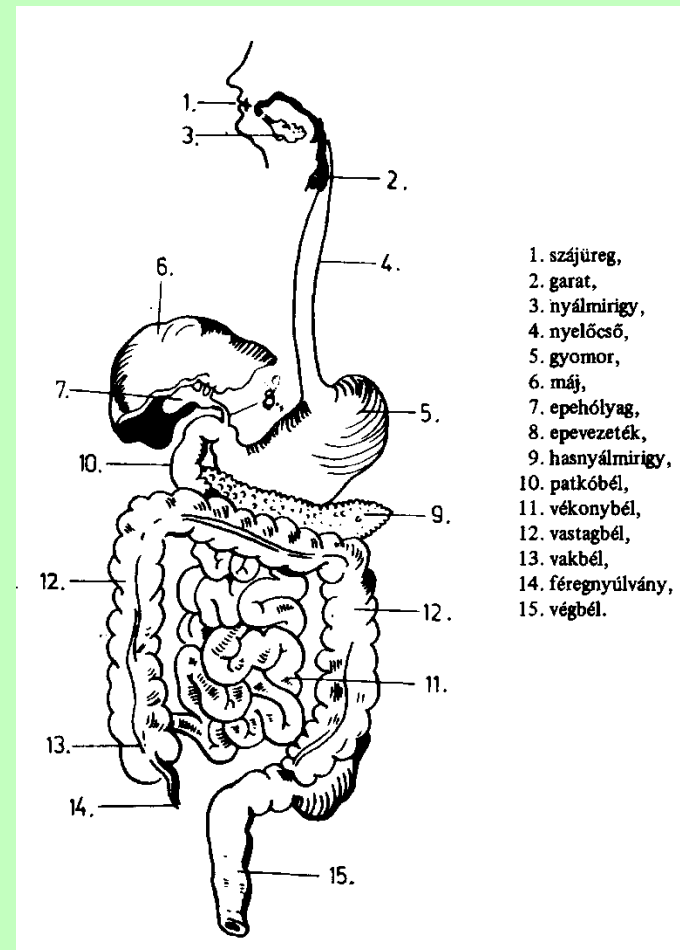
AZ EMÉSZTÉS ÉS FELSZÍVÓDÁS, VALAMINT A VÉR BIOKÉMIÁJA

I. Az emésztés és felszívódás biokémiája

Az emésztőcsatorna szakaszai:

Szájüreg: - mechanikai aprítás

- megfelelő konzisztencia kialakítása (nyál). 3 pár nyálmirigy.
- nyálamiláz, keményítő bontása
- felszívódás nincs, kivéve néhány gyógyszer (Nitromint, ...)



GYOMOR

Nyelőcső:

perisztaltikus mozgás, emésztés és felszívódás nincs.

Gyomor:

- emészt, fertőtlenít, tárolja a táplálékot és folyamatossá teszi a továbbítását a középbélbe.
- gyomornedv: mucin, sósav és pepszin, pH 1~2 ← a hidrogén ionok aktív transzportjával jön létre (10^6*), az ellenionok (OH^-) hidrogén-karbonát formájában kötődnek.
- savas közegben a fehérjék denaturálódnak, és a denaturált fehérjét könnyebben emésztik az enzimek.
- a táplálék 1-2, max. 6 órát tölt itt



GYOMOR 2.

- A gyomor által termelt másik enzim a tejfehérjét megalvasztó (kicsapó) enzim (rennin, kimozim, gasztriktin). A fehérjét savas pH nélkül is kicsapja (csecsemőknél).
- a gyomor nyálkahártyáját a mucin (viszkózus poliszacharid) védi a savtól és enzimtől. *Helicobacter pylori* fertőzés esetén ez megszűnik → gyomorfekély
- felszívódás: csak a könnyen „mozgó” anyagok (alkohol és a benne oldódó kis molekulájú anyagok)
- Gyenge savak – gyenge bázisok: pH függés (Aspirin felszívódása)

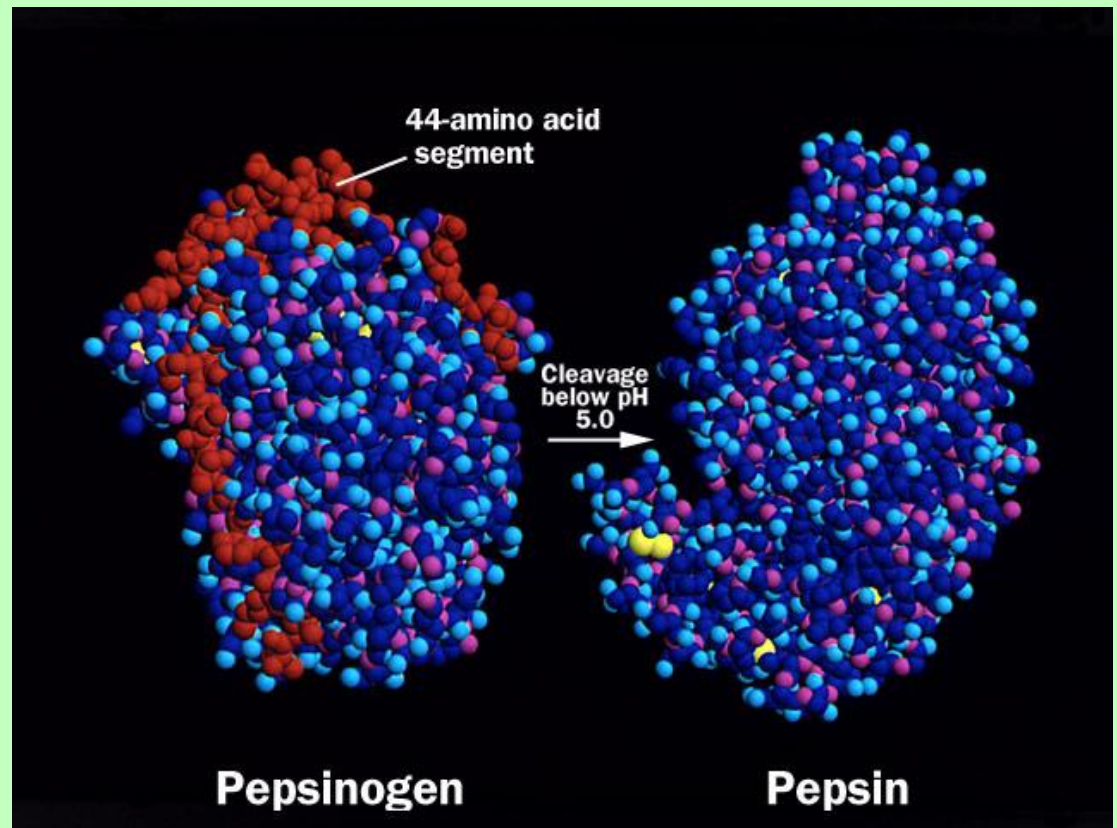


PEPSZIN

pepszin: fehérjebontó enzim (endopeptidáz), az Arg melletti peptidkötéseket bontja.

Inaktív előanyag formájában (pepszinogén) keletkezik, egy kb. 8000 mólsúlyú peptidet le kell róla hasítani.

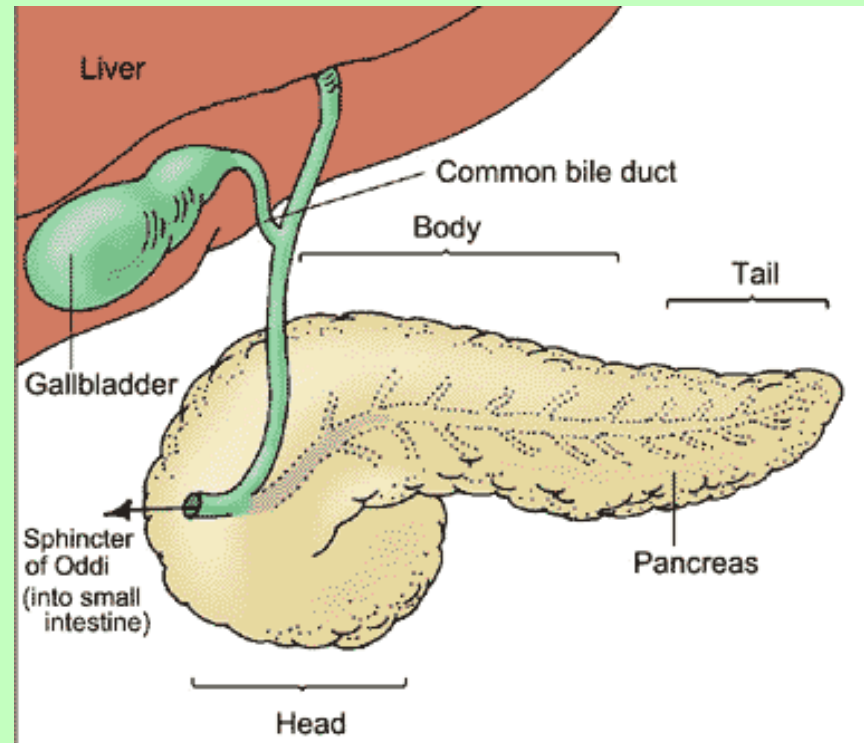
Ez autokatalitikus folyamat, de sav hatására is végbemegy.



PATKÓBÉL, DUODENUM

A gyomorkapuval kezdődik és patkóalakú kanyarulatot vesz. Ide torkollik a hasnyál és az epe vezetéke.

A hasnyálmirigy külső elválasztású mirigysejtjeinek emésztőnedve lúgos és nagy a pufferkapacitása, pH=8, lúgosságát NaHCO_3 tartalma okozza. Igen sokféle emésztő enzimet tartalmaz (*pankreasz* – mindent létrehozó)



A HASNYÁMIRIGY ENZIMEI

A. Fehérjebontó enzimek

Tripszin

Kimotripszin (endopeptidázok)

A peptidlánc közepén, bizonyos aminosavak (bázikus: Lys, Arg) mellett hasítanak. Előanyag formájában keletkeznek (tripszinogén, kimotripszinogén), ezek is proteolitikus reakcióban aktiválódnak.

Karboxipeptidáz (a karboxi láncvégről egyesével hidrolizálja le az aminosavakat)



A HASNYÁMIRIGY ENZIMEI 2.

B. Szénhidrátbontó enzimek

α -amiláz (endoamiláz), a keményítőt a lánc közepén bontja

β -amiláz (maltamiláz), a nem-redukáló láncvégről maltóz egységeket (glükóz-glükóz diszacharid) hasít le

Amiloglikozidáz (exoamiláz), a nem-redukáló láncvégről glükóz egységeket hasít le.

β -galaktozidáz a tejcukrot (laktóz = glükóz-galaktóz) hidrolizálja. Laktóz intolerancia: ez az enzim genetikailag hiányzik (eltűnik),

Invertáz a répacukor (szacharóz = glükóz-fruktóz) bontásához kell.



CELLULÓZ ÉS KEMÉNYÍTŐ

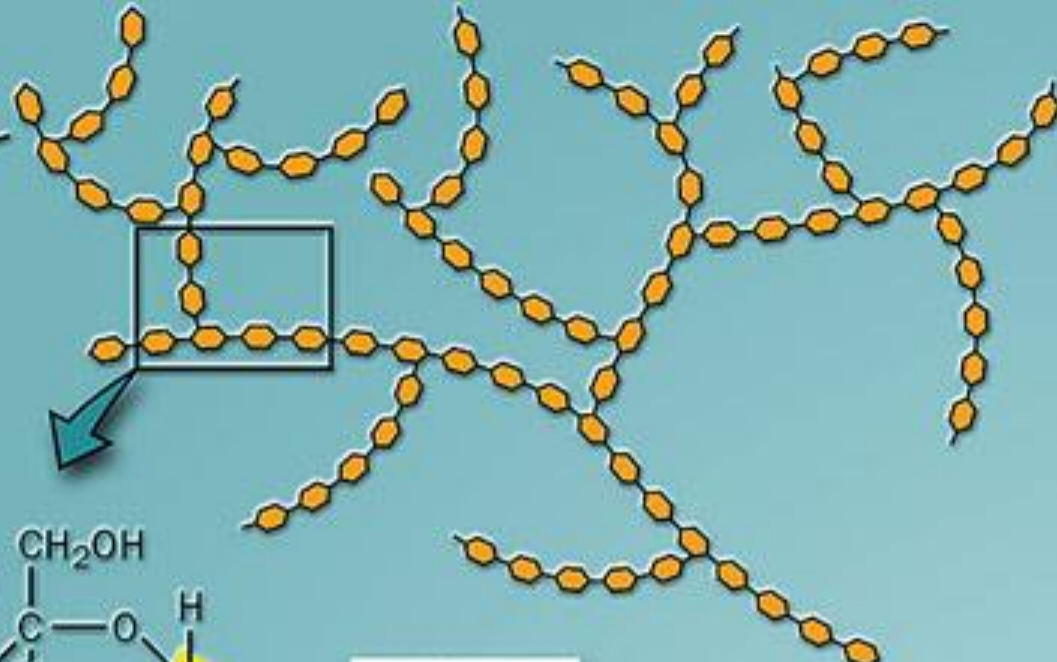
A cellulóz és a keményítő összetételükben azonos molekulák, mindkettő glükóz polimer, az 1-4 szénatomok közötti éterkötéssel összekötve. A különbség oka a cukrokat összekötő kémiai kötés eltérő szöge, ezért más a szerkezete, mások a tulajdonságai.

A keményítő spirális szerkezetű, (a jód beépülhet a spirálba – kék színreakció), emészthető (amilázok)

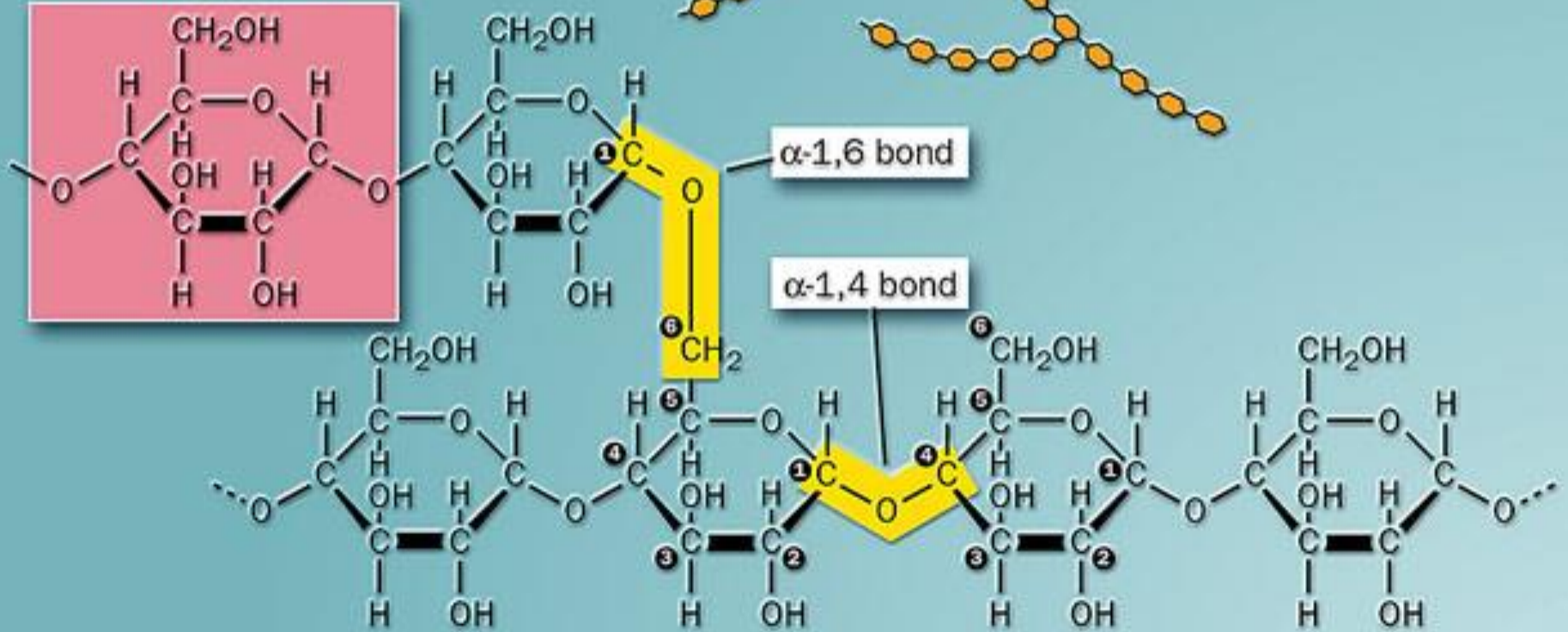
A cellulóz egyenes molekula, szálas-kristályos felépítésű, nehezen bontható. Cellulózbontás a kérődzőknél a bendőgyomorban a bendőmikroflóra (mikroorganizmusok) által történik. Ezek a cellulózt anaerob körülmények közt bontani tudják. Szerves savakká bontják, nem cukorra.



Branched polymer



Glucose subunit



Keményítő (amilopektin)

A HASNYÁMIRIGY ENZIMEI 3.

Nukleázok

A nukleinsavakat bázisokra bontják le. Csak a monomerek szívódnak fel.

Lipázok

lipidbontó enzimek, a neutrális zsírokat zsírsavakra, glicerinre, ill. mono- és digliceridek komplexére bontja. Működéséhez a zsírokat apró cseppekké kell emulgeálni (nagy felület), ezt az epeváladék felületaktív anyagai, az epesavak biztosítják.

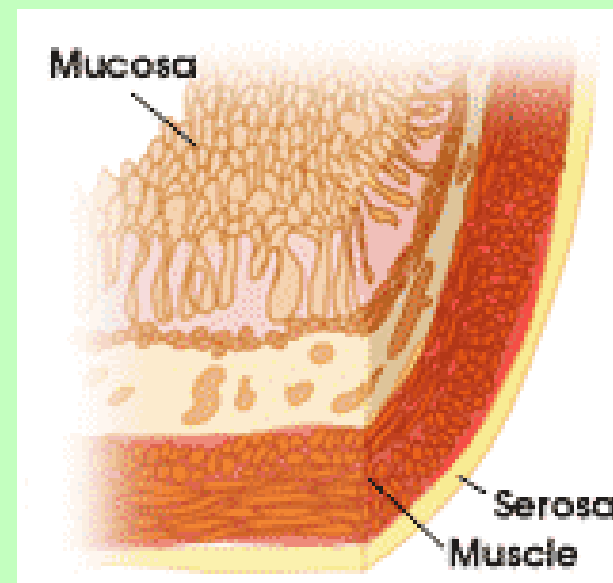


A VÉKONYBÉL

= az emésztés és a felszívódás szerve.

Emésztőnedve (bélnedv) hatására a táplálék molekulái monomerjeire bomlanak és felszívódnak a bélbolyhok kapilláris érhálózatába. Naponta kb. 6 liter termelődik (szénhidrát-, zsír-, nukleinsavbontó enzimek keveréke).

A bélbolyhok a vékonybél falának kesztyűujjszerű nyúlványai. Az általuk kialakított felület igen nagy, mintegy 200 m^2

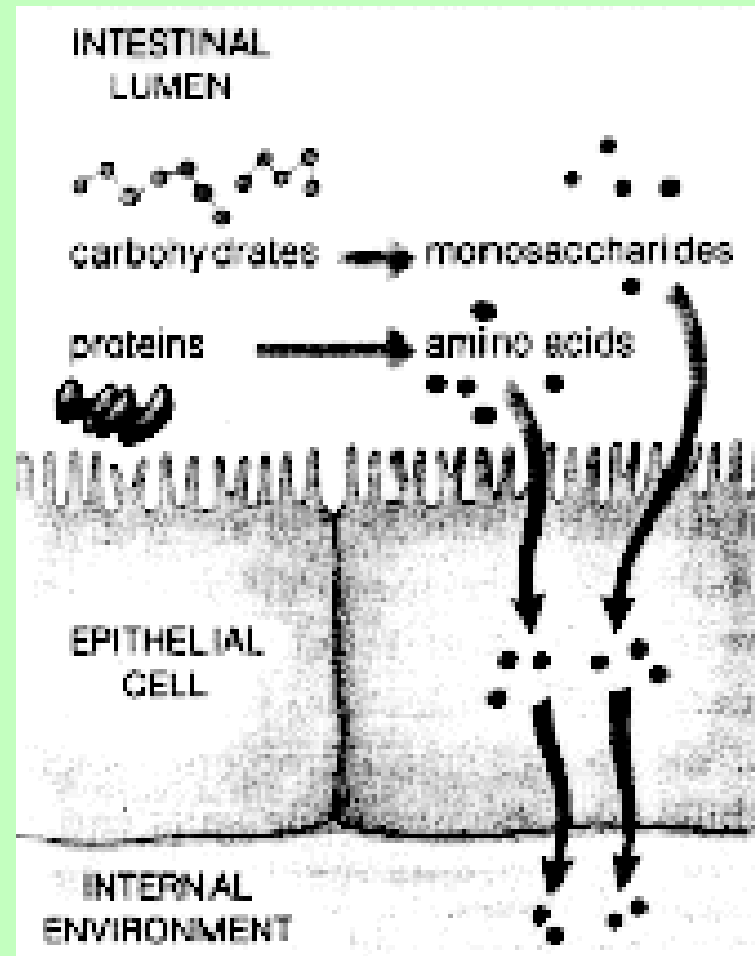


FELSZÍVÓDÁS A VÉKONYBÉLBŐL

A tápanyagok monomerekké hidrolizálnak és csak ezek (aminosavak, monoszacharidok, nukleotidok) szívódnak föl.

A felszívódott anyagokat tartalmazó vér a kapuéren (vena portae) keresztül először a májba jut.

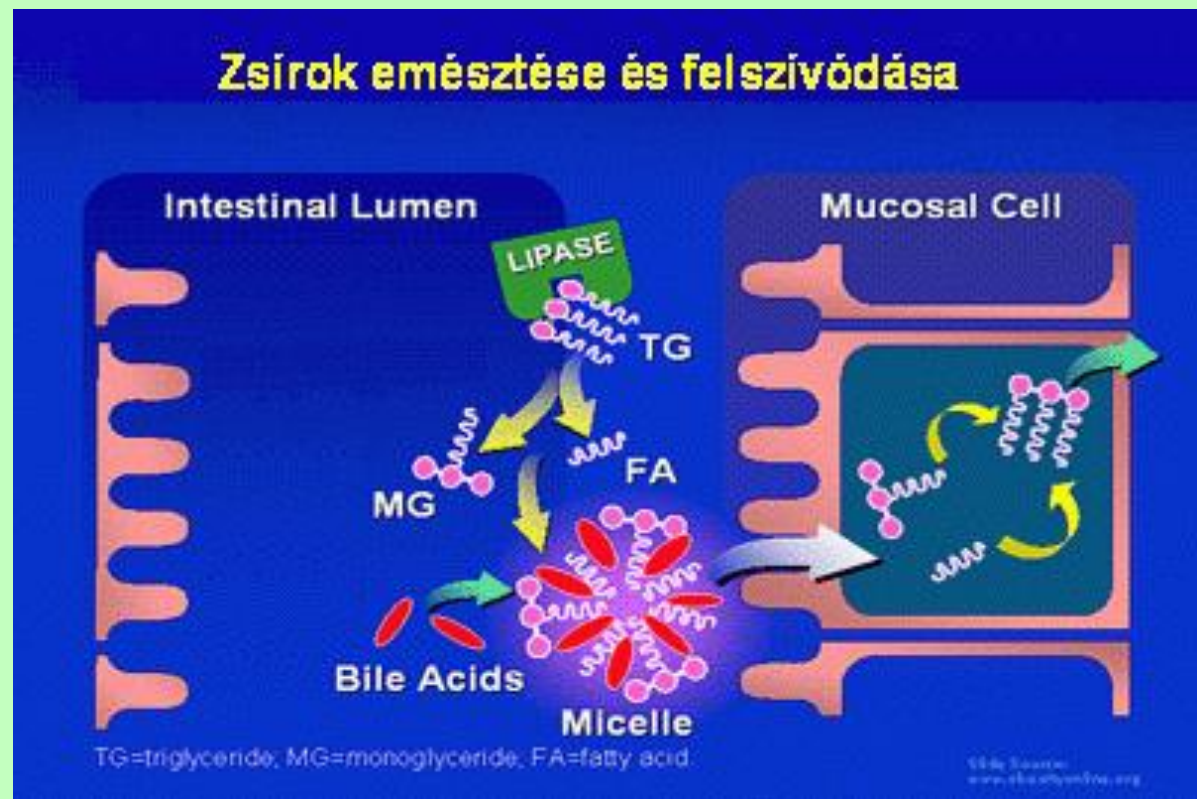
- Tápanyagok: aktív transzport
- Víz: passzív transzport



FELSZÍVÓDÁS A VÉKONYBÉLBŐL 2.

A zsírokból hidrolizált zsírsavak és monogliceridek az epesavakkal micellákat képeznek és így szívódnak fel.

A sejtekben visszaalakulnak trigliceridekké és fehérjékkel kilomikronokat alkotnak, majd ezek kerülnek aztán a nyirokrendszerbe.



VASTAGBÉL

A táplálék utóbontása folyik. Jellemző a dús baktériumflóra. A szárazanyag-tartalomnak kb. 1/8 része baktérium sejtömeg. Van köztük szimbionta, kommenzalista és parazita is. A szimbionta bélbaktériumok fontos vitaminokat szintetizálnak, főleg K-vitamint és B-vitaminokat. A bélbaktériumok a táplálék utóbontását végzik (rostok) és anaerob erjesztési folyamatokat indítanak meg, ennek eredményeként bélgázok is keletkeznek.

Felszívódás: itt csak a víz és az ásványi sók szívódnak fel
Erős antibiotikus kezelés kipusztíthatja a mikroflórát - vitaminhiány és kellemetlen béltünetek.



VÉGBÉL

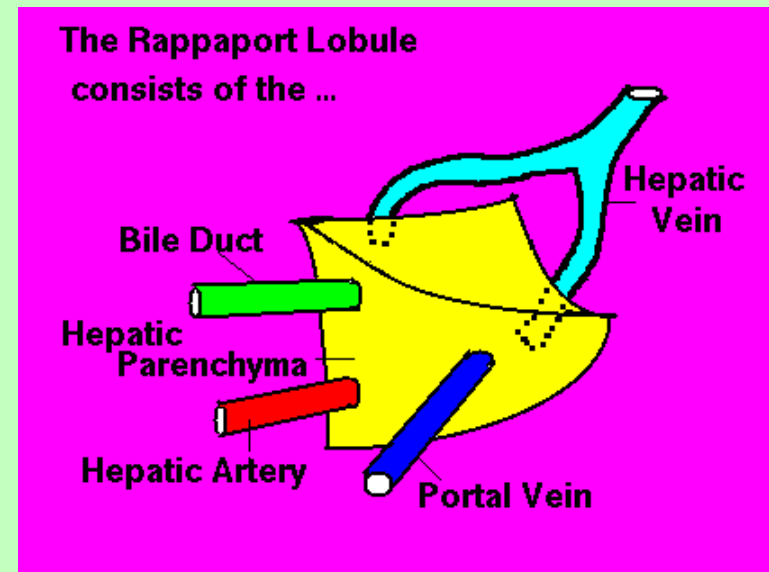
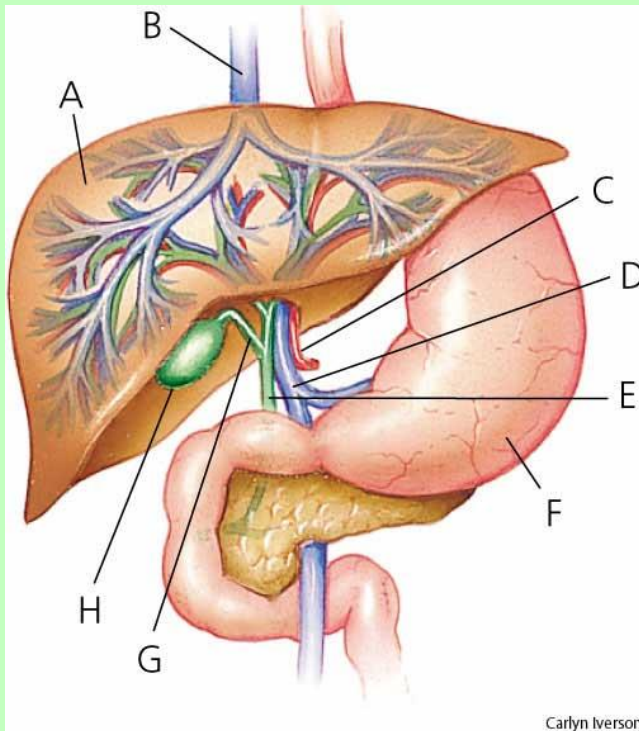
Tápanyag-felszívódás már nincs, a végbélkúpként bevitt gyógyszerek azonban jól felszívódnak a bélnyálkahártyán keresztül. Ami itt szívódik fel, az közvetlenül a vérkeringésbe jut, nem a májba.



A MÁJ MŰKÖDÉSE

- Funkciók:
- biokémiai átalakítások
 - epeváladék termelése

- Vérkeringése: az artérián és vénán kívül csatlakozik még:
- májkapuér (a vékonybél felől)
 - epevezeték



FEHÉRJÉK TERMELÉSE

Vérfehérjék: A májsejtek állítják elő az albuminokat, a globulinok kb. 80 %-át, illetve a protrombint és a fibrinogént.

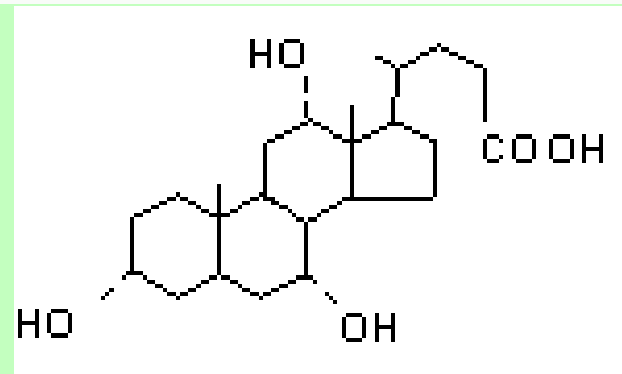
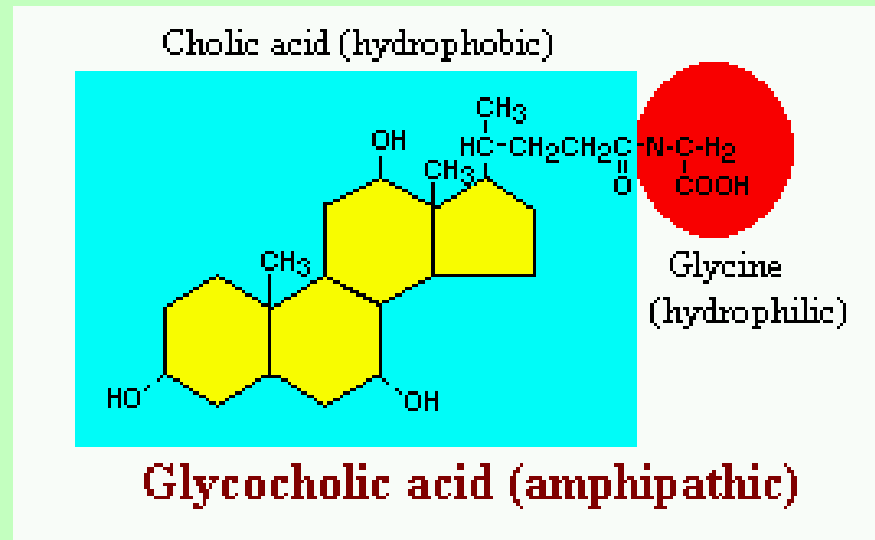
Saját fehérje termelés: a máj fehérje-szintézise intenzív, a működő fehérjék állandó lebontása és újratermelése folyik. Ugyanez sejtszinten is jellemző, a májsejtek állandóan lecserélődnek, megújulnak. A máj jól regenerálódik, ha pl. a máj 90%-át eltávolítjuk akkor visszanő. Mivel a májnak nagyon kis része képes ellátni a funkcióit, a betegségeket nehezen és későn lehet észrevenni.



A MÁJ MŰKÖDÉSE 2.

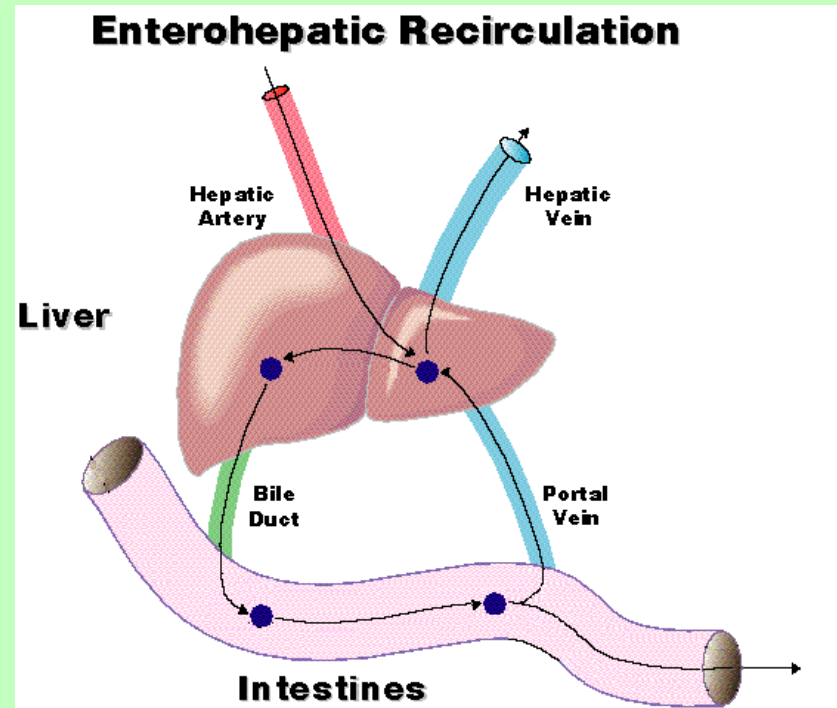
Epeváladék:

- epesavak = szteránvázas vegyületek, természetes detergensek, a zsírok emulgeálásában és felszívódásában van szerepük.
- koleszterin,
- epefestékek
- kiválasztott apoláros anyagok



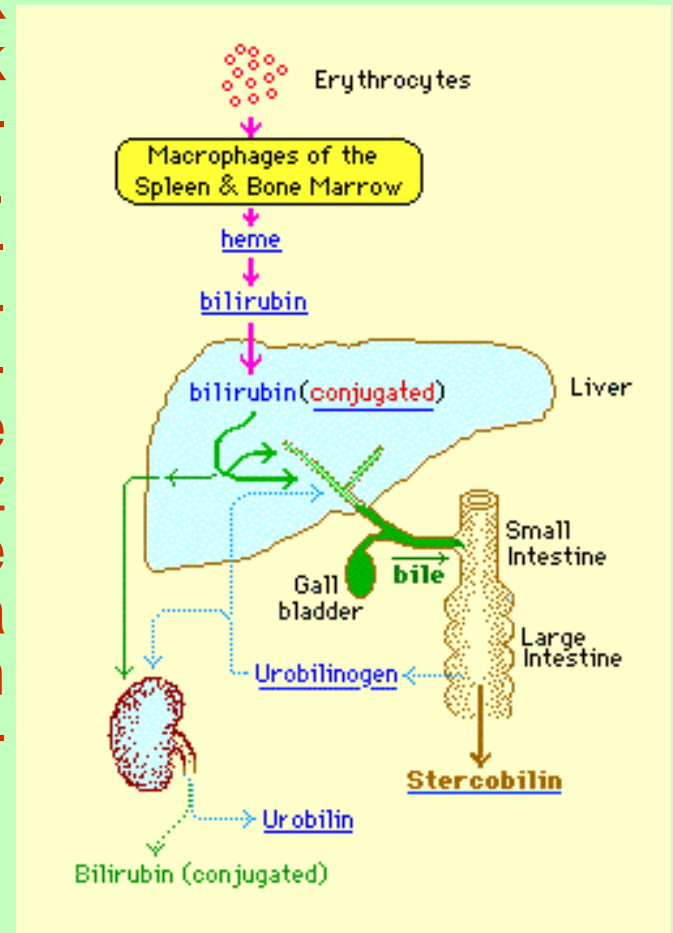
A MÁJ MŰKÖDÉSE 3.

Entero-hepatikus keringés: az epesavak a vékonybélbe kerülnek, majd annak egy távolabbi részén a zsírsavakkal együtt felszívódnak, a kapu-éren keresztül a vérrel visszakerülnek a májba, és újra az epébe választódnak ki.



EPEFESTÉKEK

A vörös vérsejtek hemoglobinjának bomlásából származó epefestékek (biliverdin = zöld, bilirubin = narancssárga) adják az epe színét. Az epefestékek a széklettel ürülnek, a bélcsatornában a baktériumok tovább alakítják szterkobilin-né (barna). A bilirubin egy része glükuronsavval konjugálódik, és ez a vérbe kerül, ahonnan a vese választja ki (urobilirubin), ez adja a vizelet sárga színét. Ha a vérben felszaporodik a konjugátum – sárgaság (icterus) - betegségre utal.

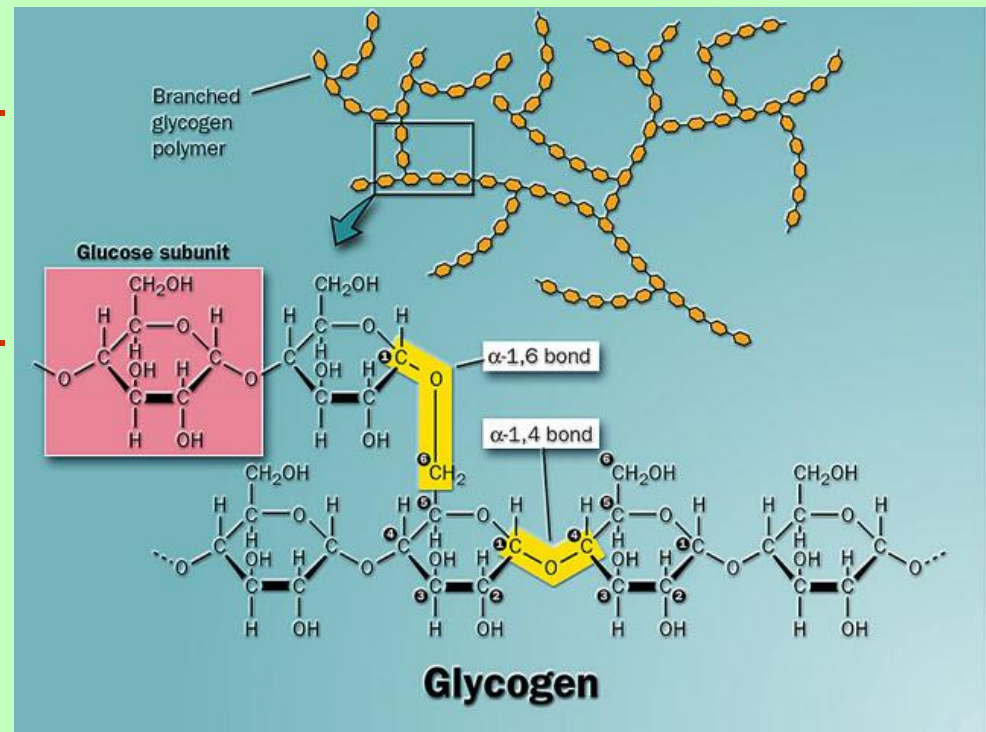


SZÉNHIDRÁT ANYAGCSERE

Cukorfelesleg esetén a májsejtek felveszik a glükózt a vérből és glikogén formájában tárolják. Ha alacsony a vércukorszint, a glukagon hatására a glikogénből felszabadul a glükóz. (Izmokban is)

Glikogén: „állati keményítő”, elágazó láncú glükóz polimer.

A máj az egyszerű cukrokat átalakítja egymásba (hexózok, pentózok – ribóz és dezoxiribóz a nukleinsavakhoz)



NITROGÉN-VEGYÜLETEK ANYAGCSERÉJE

Aminosav-szintézis: az esszenciális aminosavakat a táplálékkal kell felvenni. A nem-esszenciális aminosavakat viszont a máj szintetizálja pl. ketosavakból. Típusreakció:



mindkét irányban végbemegy. (Pl.: a cukorlebontás során keletkezik piroszőlősav és α -keto-glutársav, ezekből alanin, ill. glutaminsav transzaminálható.)

Nitrogén anyagcsere: Az aminosavak bontásánál keletkező ammóniát karbamiddá alakítja, a nukleotidok purin bázisai-ból húgysavat képez, ezek a vérrel a vesébe jutnak majd a vizelettel kiválasztódnak (köszvény)



MÉREGTELENÍTÉS

A szervezetbe jutó, vagy ott keletkezett toxikus anyagokat a máj hatástalanítja és a véráramba, vagy az epébe kiválasztja. (Saját anyagokat is lebont pl. hormonokat).

Több ezerféle molekulát képes átalakítani – nem szigorúan specifikus enzimek (→ csoportspecifitás).

Általános elvek:

- az idegen anyag legreaktívabb csoportjait irányítottan elreagáltatni (ne a szervezet fontos molekuláival reagáljon);
- vízdoldhatóságot, kiválaszthatóságot javítani (gyorsabb kiürülés a vesén át)



KONJUGÁCIÓ

Konjugáció:

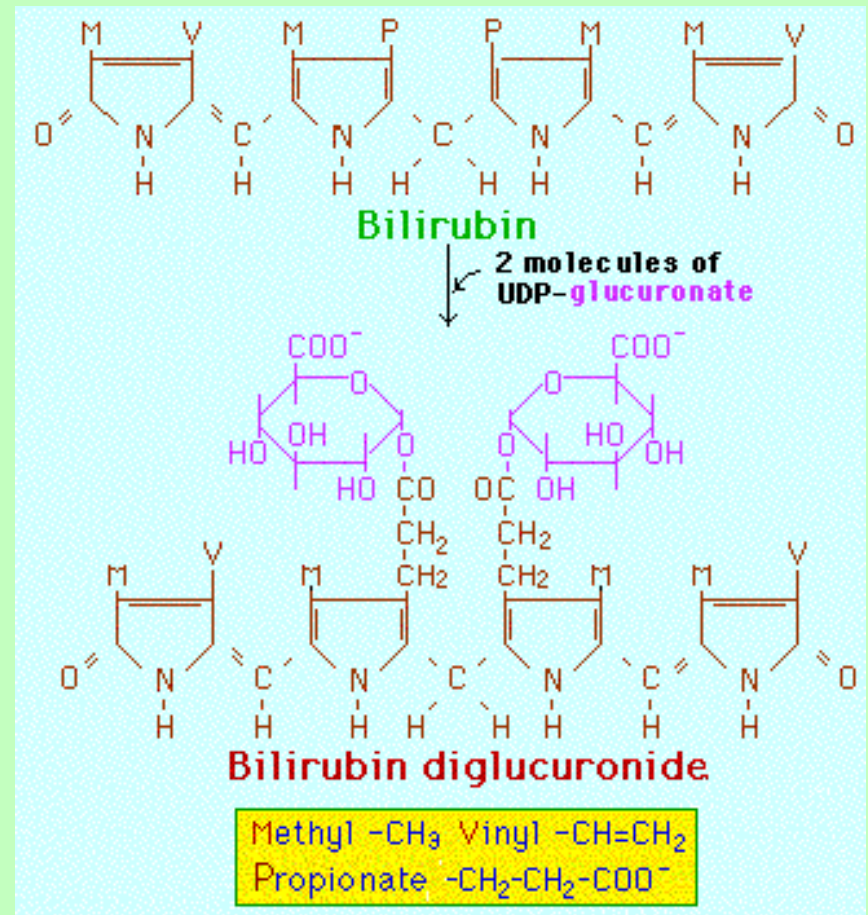
az idegen molekula reaktív csoportjára egy kéznél lévő, egyszerű molekulát (glükuronsav, glicin) kapcsol egy enzim

→ a reaktív csoport elreagált,

→ a vízoldhatóság javult,

→ a vese könnyebben kiválasztja

Példa: bilirubin konjugációja



MÉREGTELENÍTÉS 2.

Nitrovegyületek (erősen mérgezők) redukciója: a $-\text{NO}_2$ csoportot $-\text{NH}_2$ -ná redukálja:

- kevésbé mérgező a termék
- vízoldhatóság javul

Aromások oxidációja: aromás gyűrűt tartalmazó szerkezeti részre oxidációval egy fenolos $-\text{OH}$ csoportot visz be

- vízoldhatóság javul
- erre azután glükuronsavat lehet kötni

Alkohol feldolgozása: a primer alkoholokat az alkohol-dehidrogenáz előbb aldehiddé, majd ecetsavvá oxidálja, ez aztán acetyl-CoA formájában belép az anyagcserébe.



A VESE MŰKÖDÉSE

Kiválasztó és anyagcserezszerv (amin-oxidázok)

Nitrogén anyagcsere: a szervezet folyamatosan nitrogént vesz fel és ad le (napi 8-10 g N).

Felvétel: főleg fehérjék formájában

Tárolás: minimális (vér- és izomfehérjék egy része)

Kiválasztás: NH_4^+ formájában csak keveset lehet (pH), ezért az ammónia karbamiddá alakul a májban az arginin – ornitin – citrullin körben. Ez aztán a vesén keresztül ürül ki.

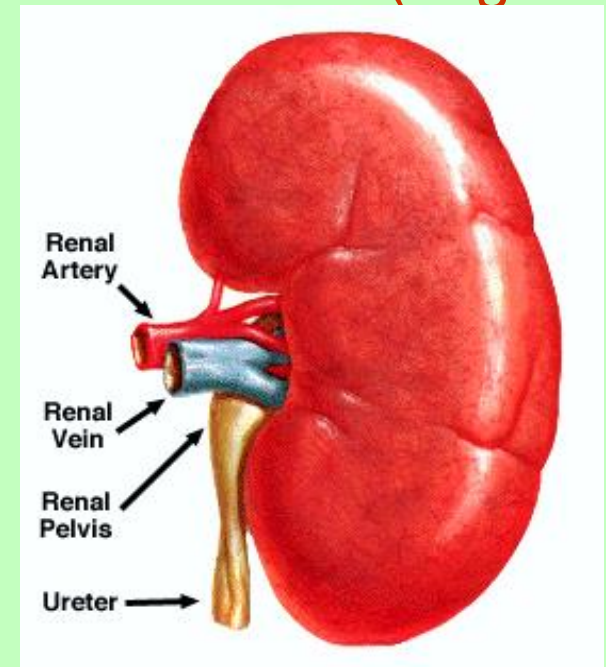
Maradék nitrogén: a vérszérumban kicsapás után oldatban maradó N-tartalmú anyagok együtt (karbamid, NH_4^+ , húgysav, kreatin, aminosavak).



A VESE MŰKÖDÉSE

VESEFUNKCIÓK

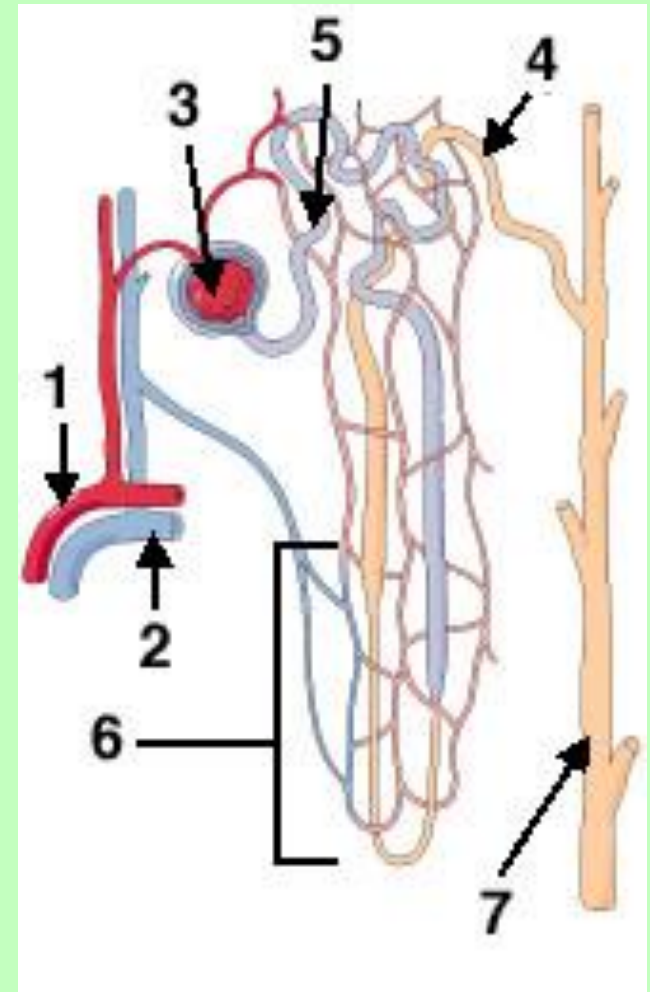
- izovolémia, izoionia, izoozmia
- ultrafiltráció (szűrletképzés), A hajszálerek fala (capillaris endothel) féligáteresztő membránként viselkedik (vágása kb. 60 kD). A sejtés elemeket és a makromolekulákat visszatartja, a kis molekulákat nem. Létrejön az elsődleges szűrlet (kb. 180 l/nap). 99%-a visszaszívódik
- reabszorpció (visszaszívás),
- szekréció (kiválasztás)



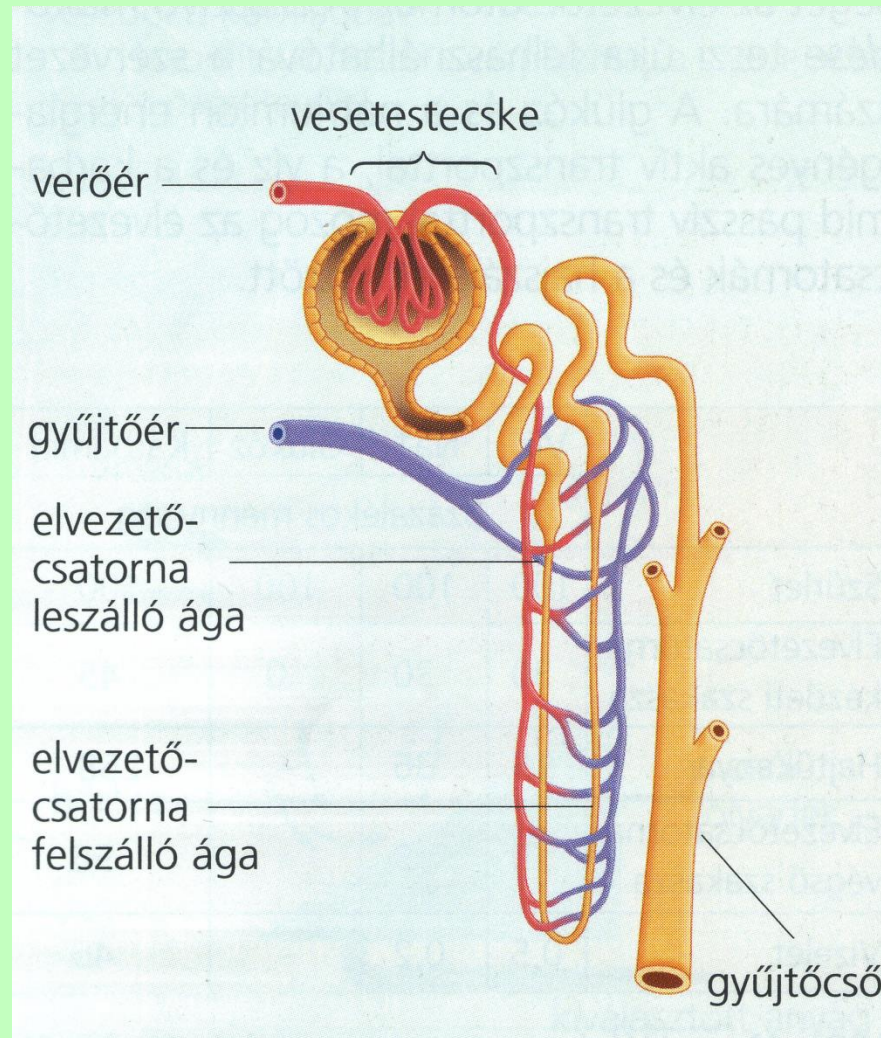
MIKROANATÓMIA: NEPHRON

A nefron a vese szerkezeti és funkcionális egysége (kb. 1,5 millió db)

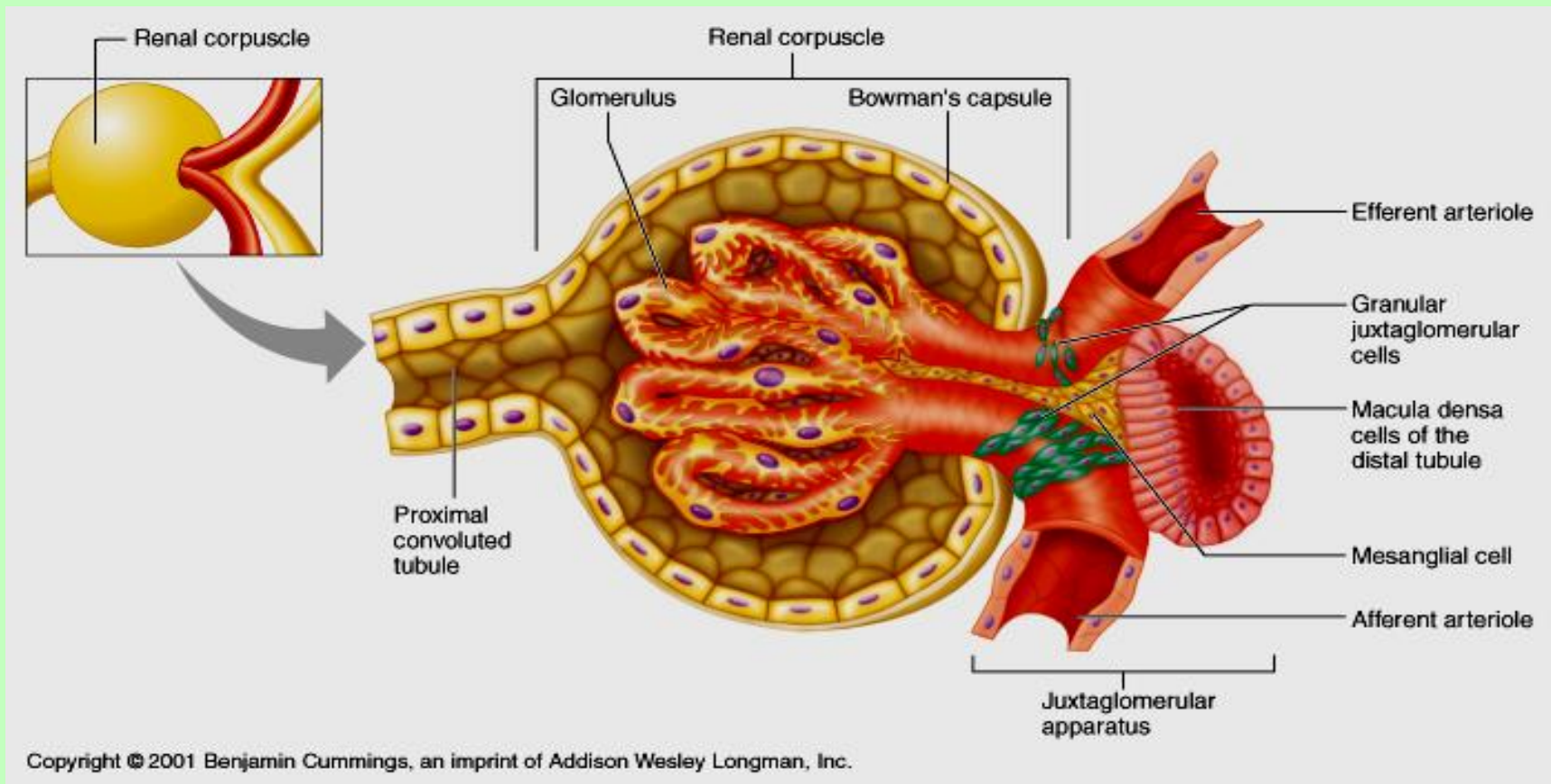
- 1: Interlobuláris artéria
- 2: Interlobuláris véna
- 3: Glomerulus / Bowman tok $\varnothing = 200 \mu\text{m}$, együtt = Malpighi test
- 4: Disztális tubulus („távoli”)
- 5: Proximalis tubulus („közeli”)
- 6: Henle kacs
- 7: Gyűjtőcsatorna \rightarrow vesemedence \rightarrow húgyvezeték



A nefron felépítése (gyűjtőcsatorna és érhálózat)

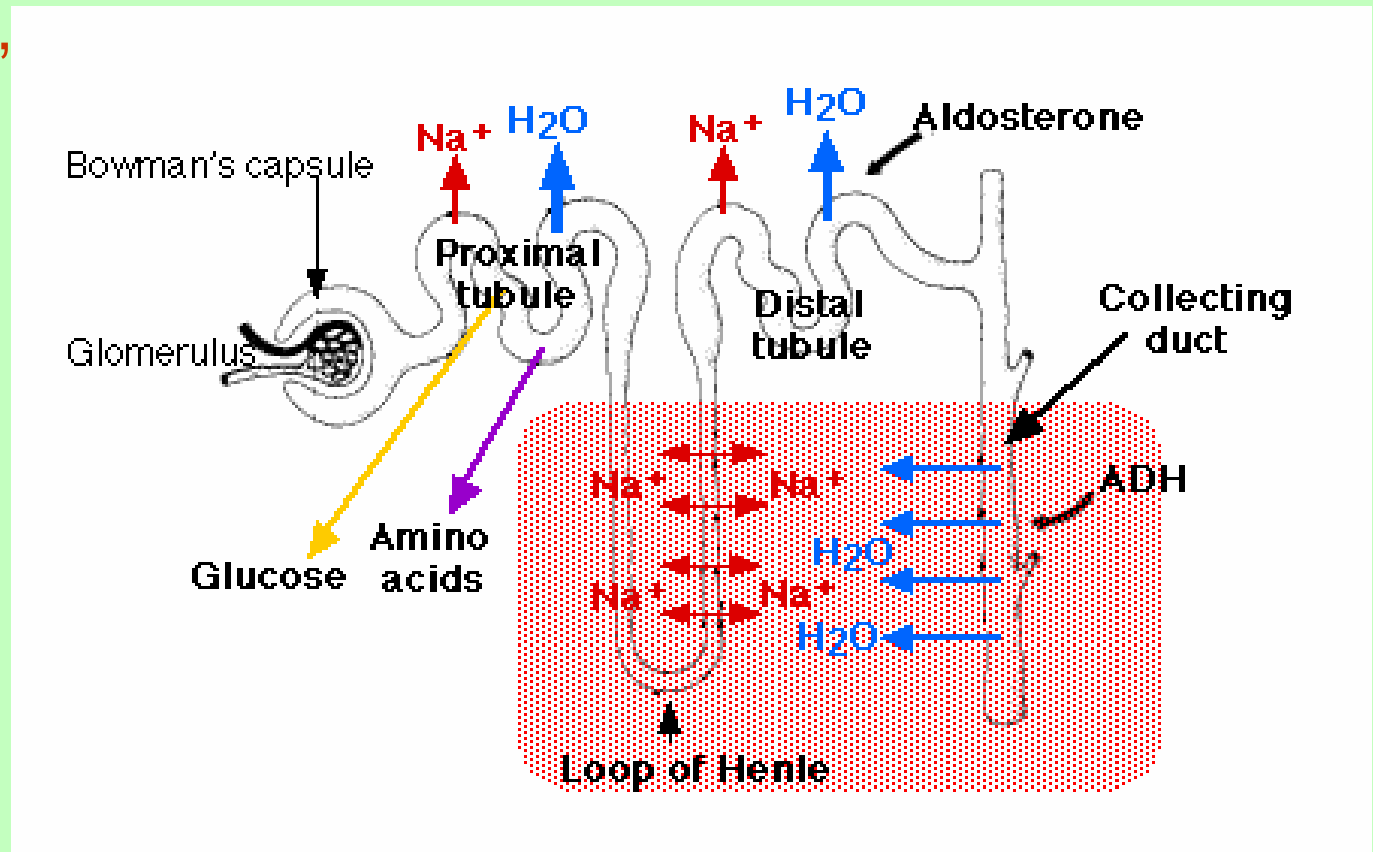


GLOMERULUS, BOWMAN TOK



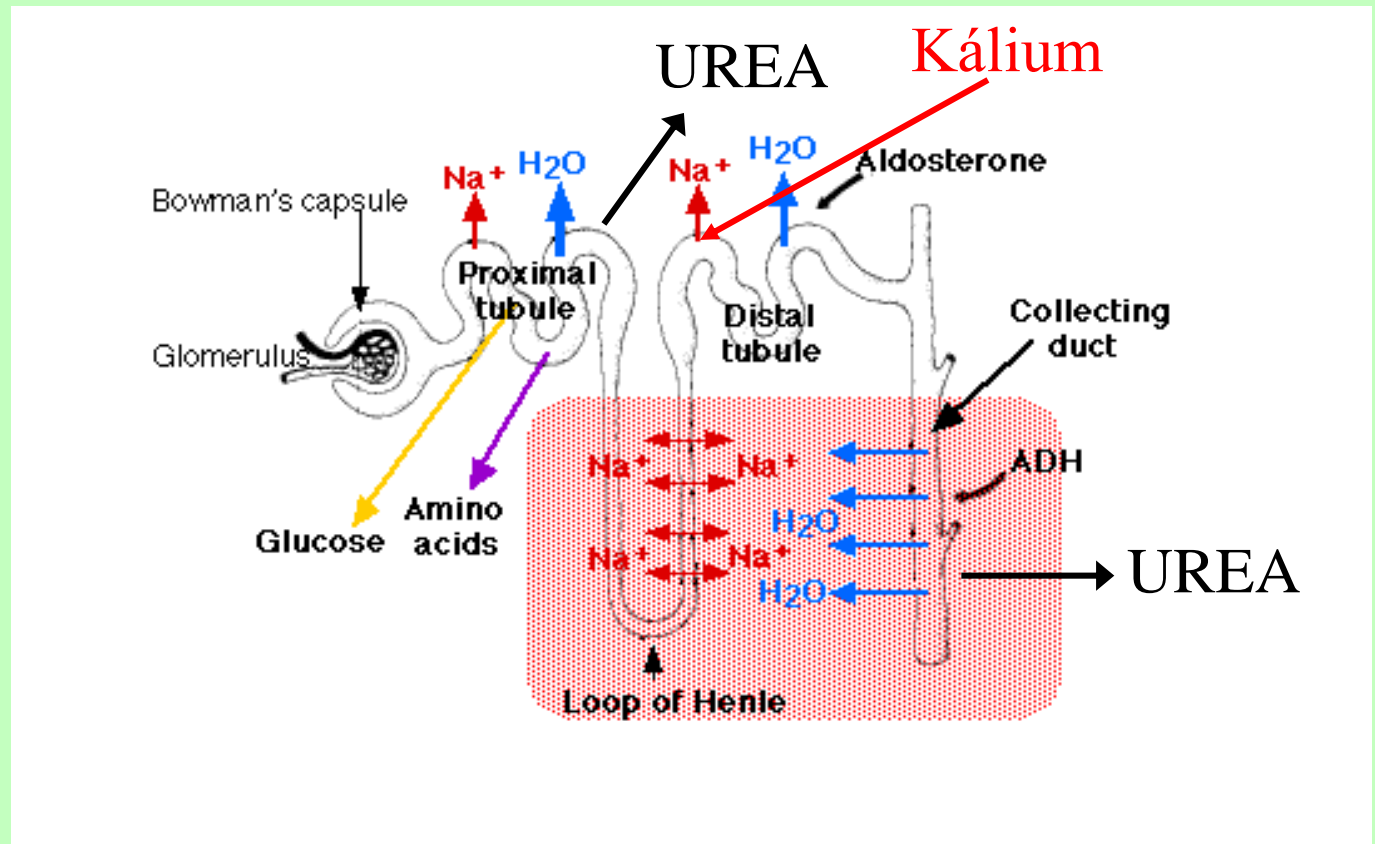
REABSORPCIÓ

A víz 2/3-a a proximális szakaszon szívódik vissza, a többi a végén, ahol a hormonok hatnak (ADH=anti-diuretin hormon vazopresszin, aldoszteron)



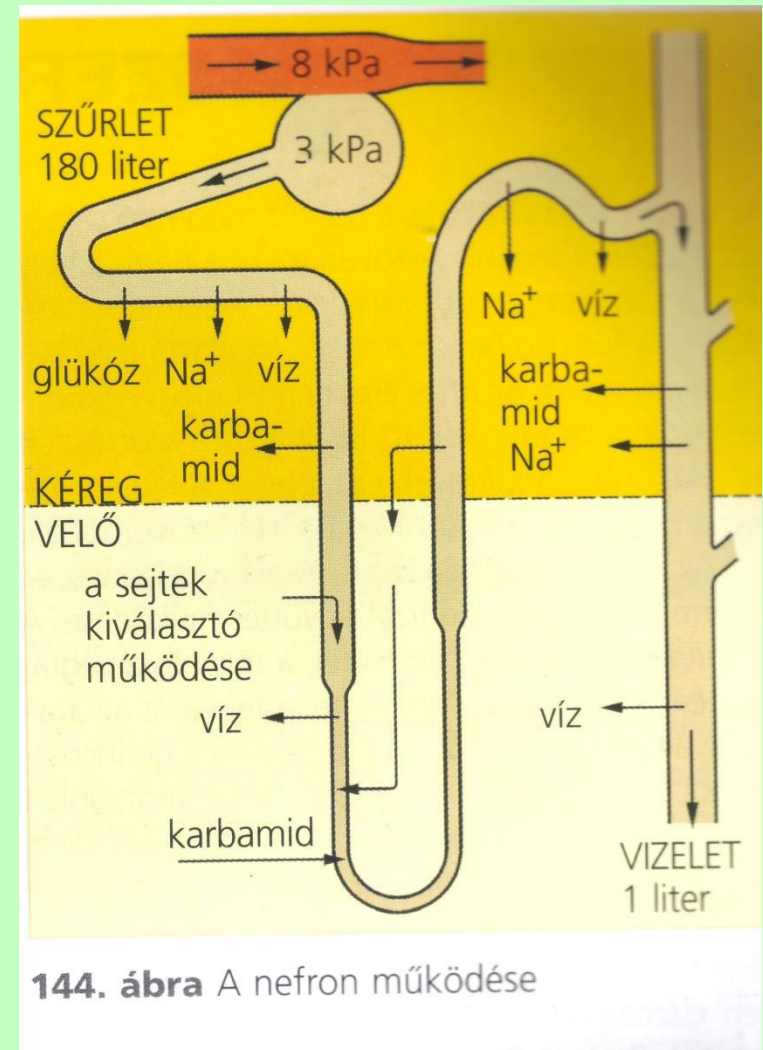
REABSORPCIÓ 2.

A különböző anyagok más és más szakaszon szívódnak vissza:



REABSZORPCIÓ 3.

- A hatékony ultraszűrés hajtóereje a glomerulus hajszálérgombolyag fala két oldalán levő nyomáskülönbség.
- A vizelet a gyűjtő tubulus alsó hajtókanyarulatában a legtöményebb.

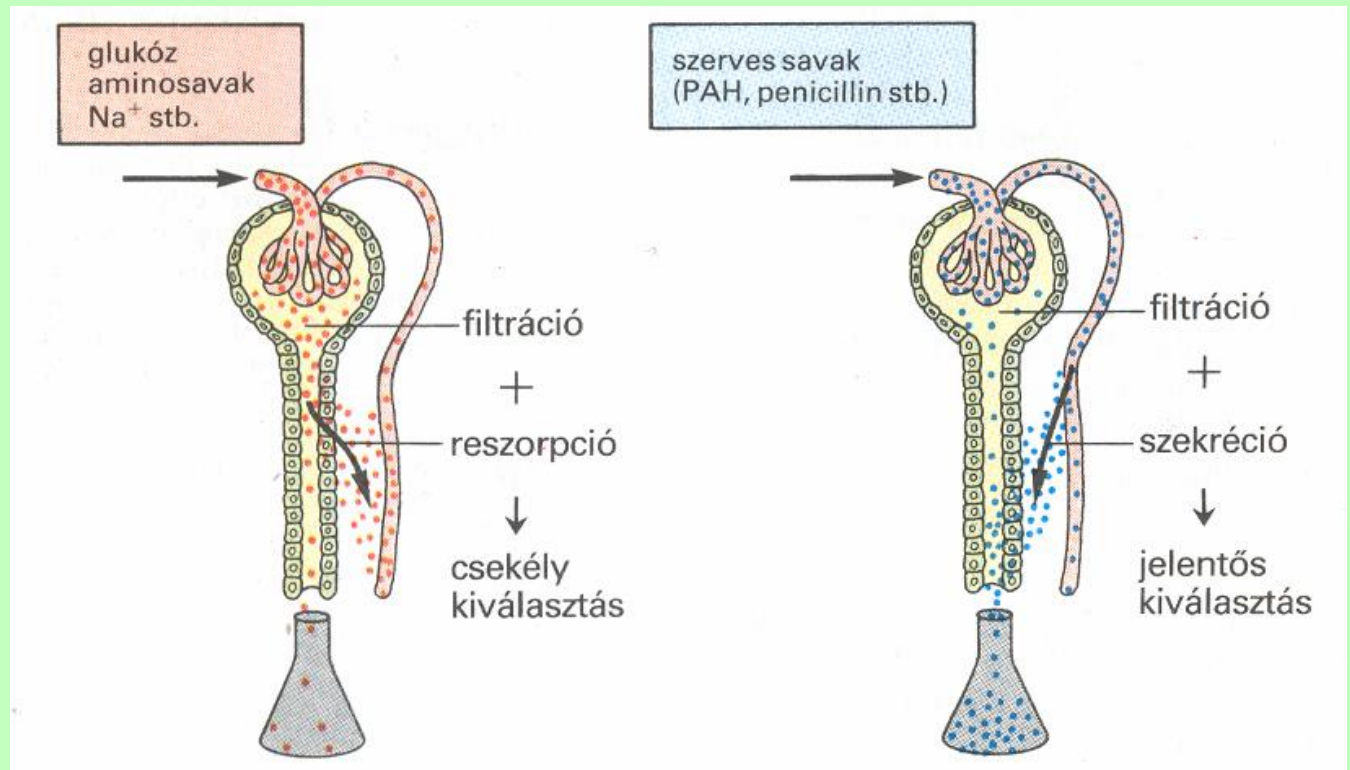


	Víz	Na+	Glükóz	Karbamid
	Százalékos mennyiség			
Szűrlet	100	100	100	100
Elvezetőcsatorna közeli szakasza	30	30	0	45
Hajtókanyar	15	36	-	258
Elvezetőcsatorna távoli szakasza	9	3	-	96
Vizelet	0,5	0,2	-	45



RESZORPCIÓ ÉS SZEKRÉCIÓ

Gyenge sav transzport: aktív transzporttal visz ki karbon-sav csoportokat tartalmazó molekulákat, pl. glükuronidokat, penicillint.



KÓROS MŰKÖDÉS

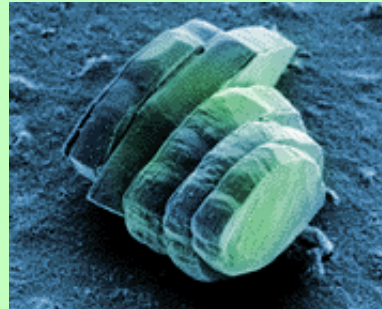
Cukor: megjelenése magas vércukorszintet jelez (kb. 2 g/l, 10 mmol), a vese csak eddig tud teljesen reszorbeálni.

Cukorterheléssel egészséges személyeknél is kiváltható.

Fehérje: a glomerulusban az érfal mint szűrőmembrán nem működik megfelelően (pl. vesegyulladás). „Cilinderek”: a fehérje kicsapódik a csatornáknban, ezek a henger alakú mikroszkópikus testek jelennek meg a vizeletben.

Vesekő: rosszul oldódó sók kiválhatnak. Fajtái:

- Kalcium oxalát
- Húgysav
- Kalcium karbonát



VESEELÉGTELENSÉG

Az általános elégtelenség esetén az anyagcsere-termékek felhalmozódása a vérben megváltoztatja az élettani 7,4 körüli pH-t. Másrészt a maradék nitrogén káros anyagai (karbamid, ammónium ion, húgysav) felhalmozódnak a vérben, és súlyos mérgezést (toxikózis) idéznek elő.

Kezelése lehet művesekezelés (dialízis): a beteg vérének egy féligáteresztő membránt tartalmazó dializáló modulon engedik át, ahol a kismolekulájú anyagok kidiffundálnak a vérből. Ez az eljárás lényegében az elsődleges funkciót pótolja, de az aktív transzportokat nem.



II. A VÉR BIOKÉMIÁJA

Áramló folyadék, amely anyagokat és hőt szállít a szervezetben belül, és beállítja az állandó belső környezetet a sejtek számára. A sejt közötti folyadékban diffúziós transzport működik, a vér viszont áramlik = konvekciós transzport. Kétirányú: a sejtekhez viszi a tápanyagokat és az oxigént, elszállítja az anyagcsere termékeket, a szén-dioxidot és a hőt.

Lazarostos kötőszövet.

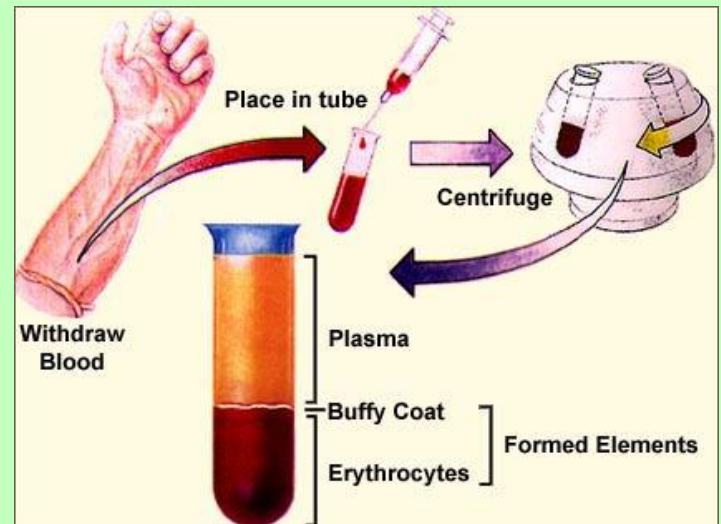
Mennyisége kb. 5 liter.

Vér = vérplazma + sejt elemek

Vér = szérum + vérlepleány

Szérum = plazma –

(fibrinogének és véralvadási faktorok)

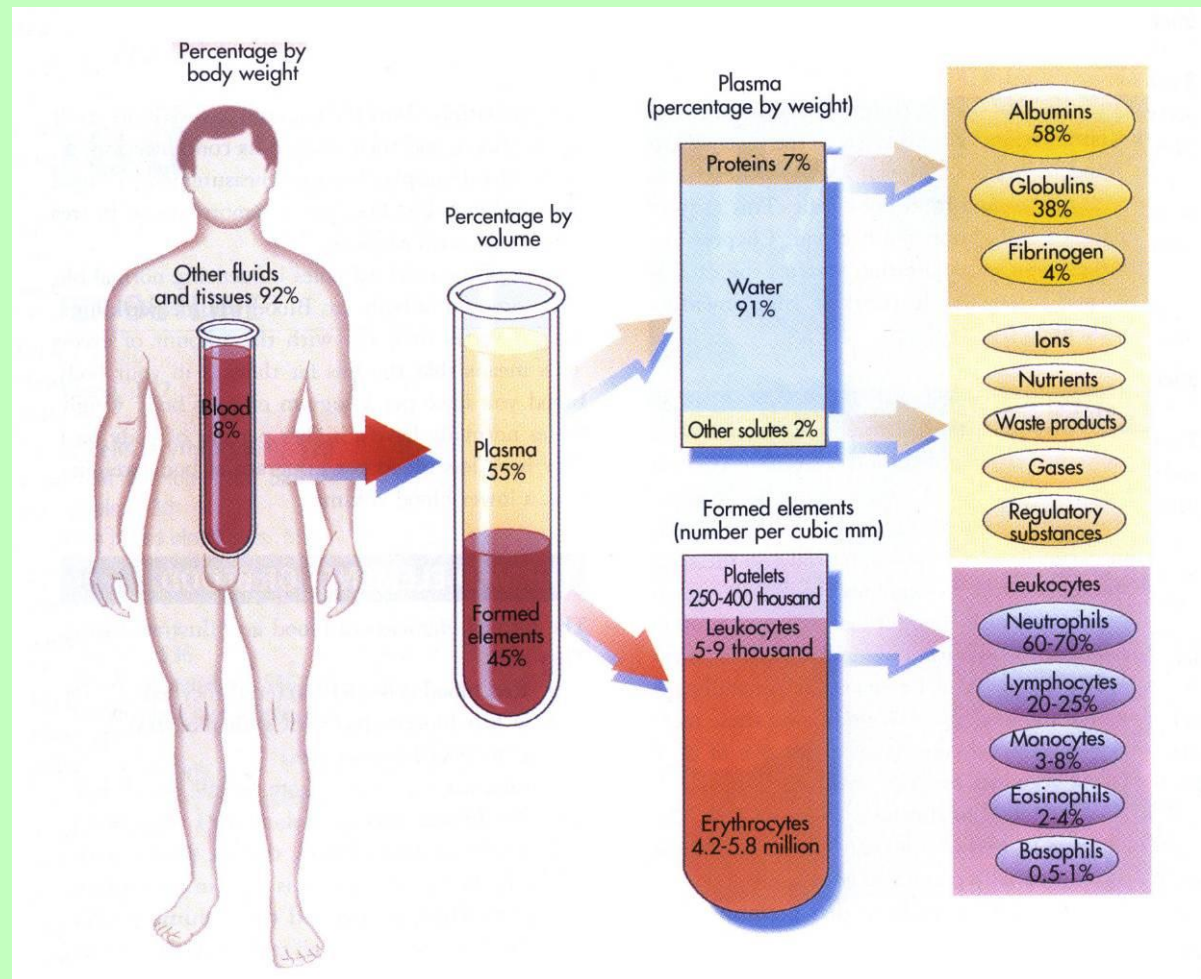


A VÉR ÖSSZETÉTELE

Összes szárazanyag: 17 %, de térfogatra az alakos elemek 45-50 %-ot tesznek ki.

Vizsgálat:

- teljes
- centrifugálás után (plazma)
- alvadás után (szérum)



A VÉR IONÖSSZETÉTELE

Ionok, sók:

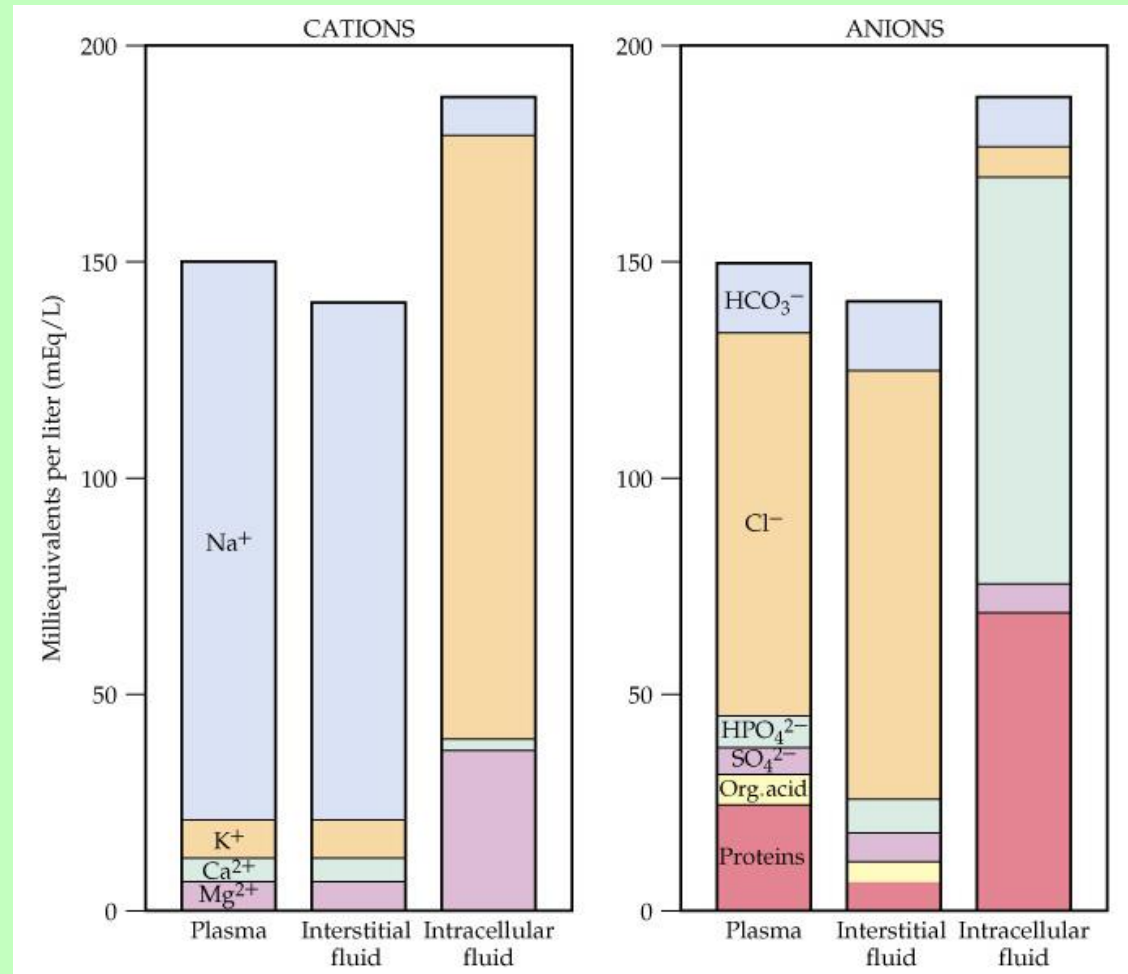
-állandó ozmózisnyomás, ~0,3 ozmól (fiziológias sóoldat)

-állandó pH (puffer)

artériás vér: 7,4

(hidrogén-karbonát, foszfát, fehérje)

A sejten belüli nagyobb koncentrációt a fehérjék és félig áteresztő membránok okozzák.



VÉRFEHÉRJÉK

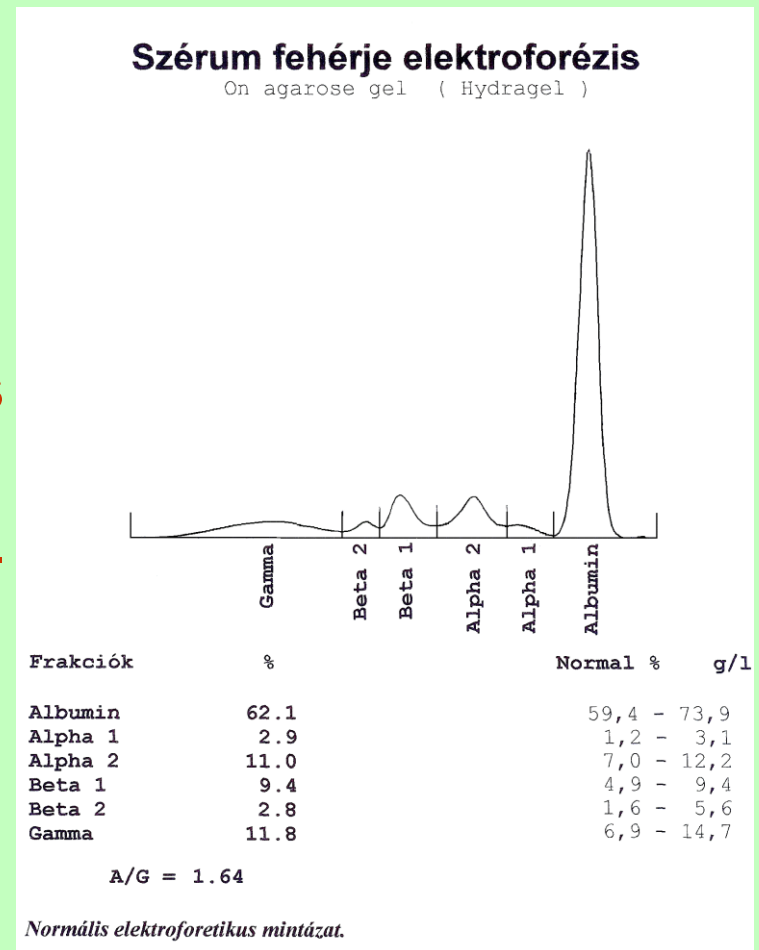
Több frakció:

Albumin: pufferol, beállítja az ozmózisnyomást, N tartalék, apoláros hordozó.

Globulinok (α_1 α_2 β_1 β_2) Gliko- és lipoproteinek, szállító funkció

γ globulin: immunfehérjék, antitestek, a fehér vérsejtek termelik

Véralvadási faktorok: fibrinogén



VÖRÖS VÉRSEJTEK

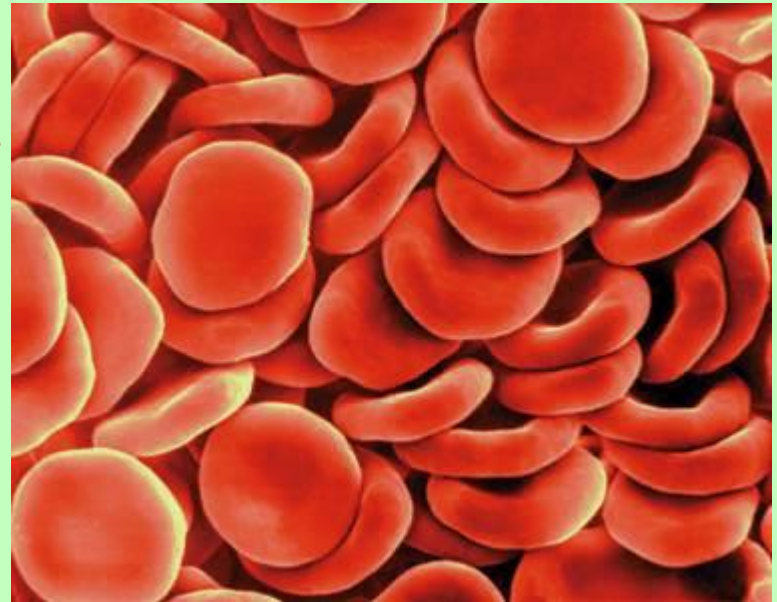
Kicsi, hiányos sejt ($d \sim 8 \mu\text{m}$). A vörös csontvelőben keletkeznek, elveszítik a sejtmagjukat. 4-5 millió db/ mm^3 . Élettartamuk 100-120 nap, ezután a lépben esnek szét.

Képződés-pusztulás egyensúlya, hormonális szabályozás alatt (eritropoietin).

Vérszegénység – B₁₂ vitamin, Fe

Fő funkció: oxigénszállítás (fehérjetart. 95 %-a hemoglobin)

Membránja hordozza az AB0 vércsoport-tulajdonságokat (glikoproteinek)



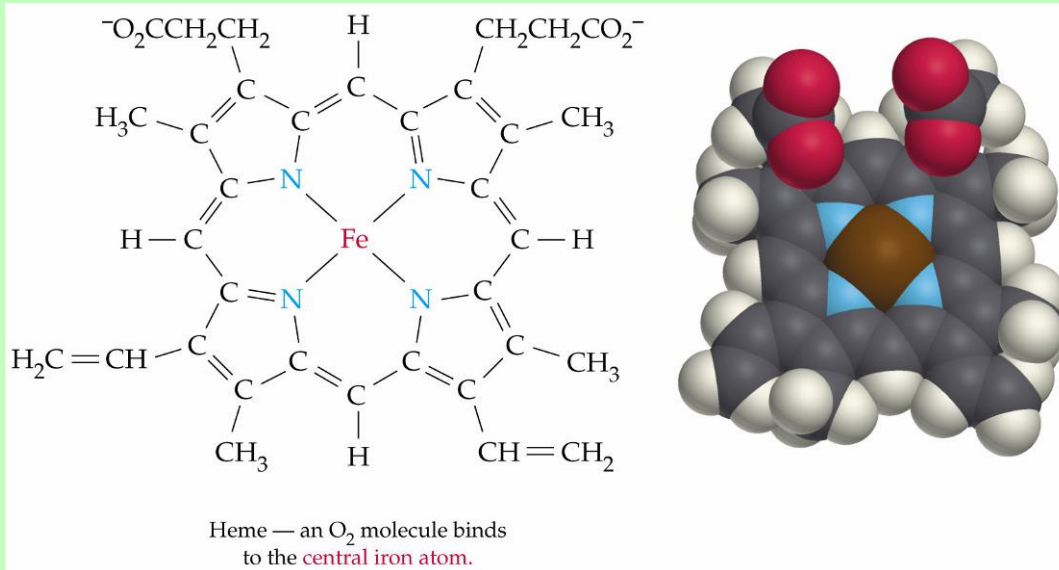
HEMOGLOBIN

Reverzibilis oxigénkötésre képes szállító fehérje.

Negyedleges szerkezet: $\alpha_2\beta_2$

4 lánc, 4 hem, 4 oxigén-kötőhely

A gerinceseknél általános, csak néhány aminosavnyi a különbség



A vasatomon más is kötődhet: $H^+ \rightarrow CO_2$ szállítás

CO kötődés:
mérgezés



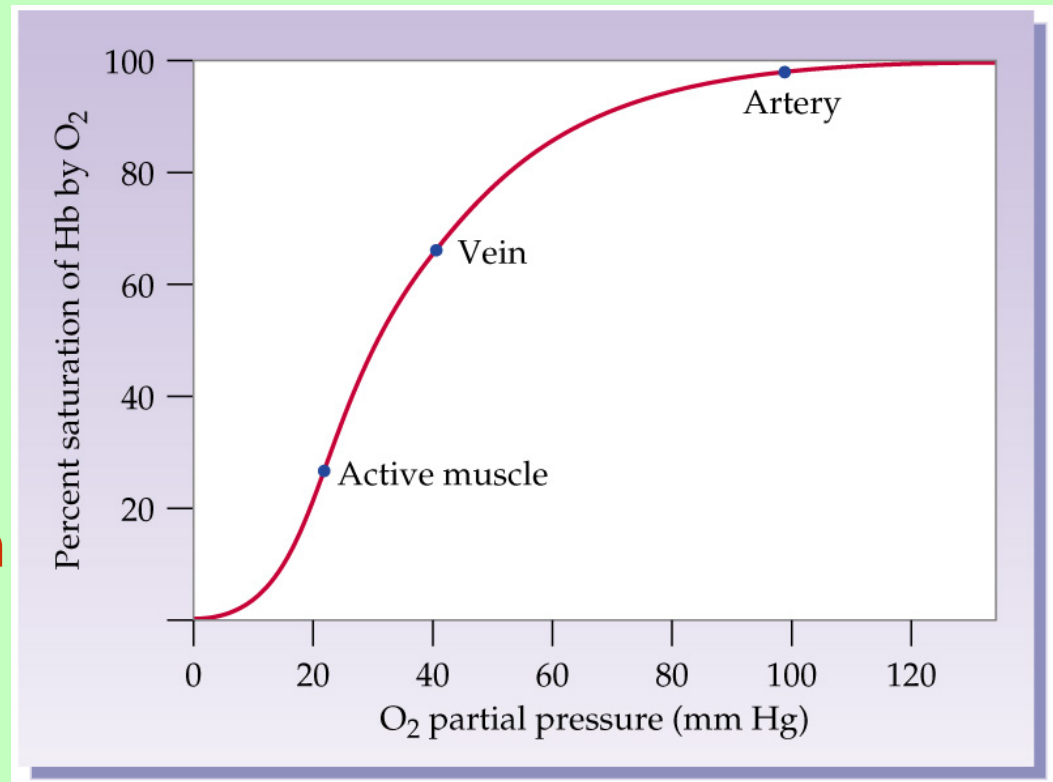
OXIGÉNSZÁLLÍTÁS

A hemoglobin oxigénkötő képessége elsősorban az oxigén parciális nyomásától függ. Tüdő: parciális nyomáskülönbség – vérbe diffundál.

Az oxigén parciális nyomása a tüdőben és a vérben

Hely	P_{O_2} (Hg mm)
Levegő, 1 bar	159
Alveolusban	100
Artériás vérben	95
Vénás vérben	40

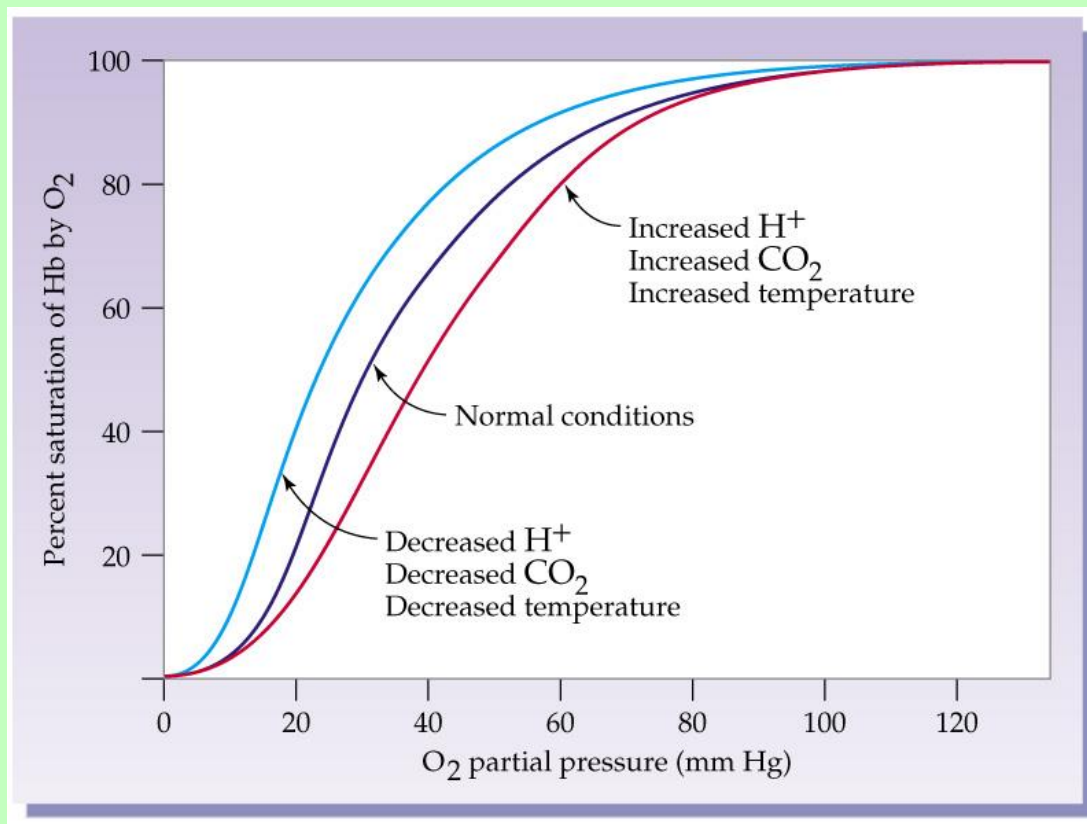
S görbe - a hemoglobin négy kötőhelye nem egyenértékű



OXIGÉNSZÁLLÍTÁS 2.

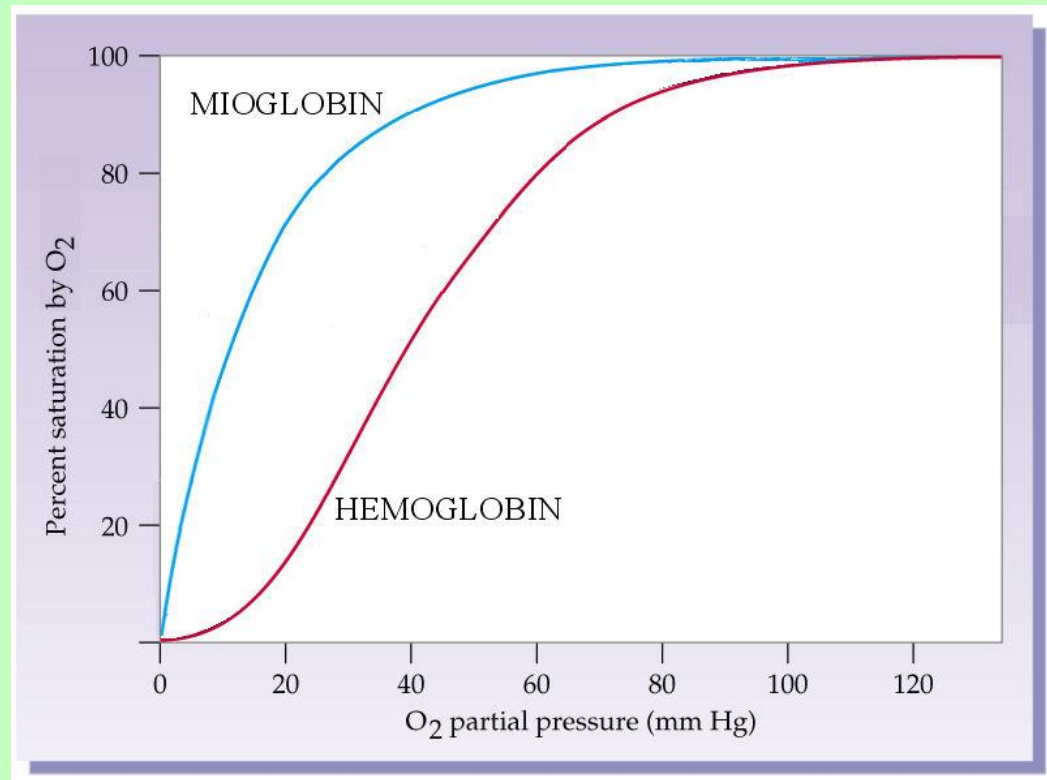
Az oxigén kötődése függ még a pH-tól és a hőmérséklettől. Emiatt a munkát végző perifériális szövetekben javul az oxigénleadás.

100 ml vér 22 ml O_2 -t képes megkötni.



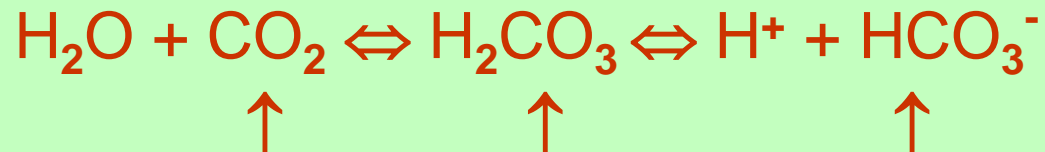
MIOGLOBIN

Helyhez kötött oxigénkötő fehérje, az izmokban O_2 tartalék.
Erősebben köt, mint a hemoglobin → csak oxigénhiányban ad le oxigént.



SZÉNDIOXID SZÁLLÍTÁS

Az oldott széndioxid több formában van jelen a vérben: a kémiai egyensúlyok:



fizikailag oldott

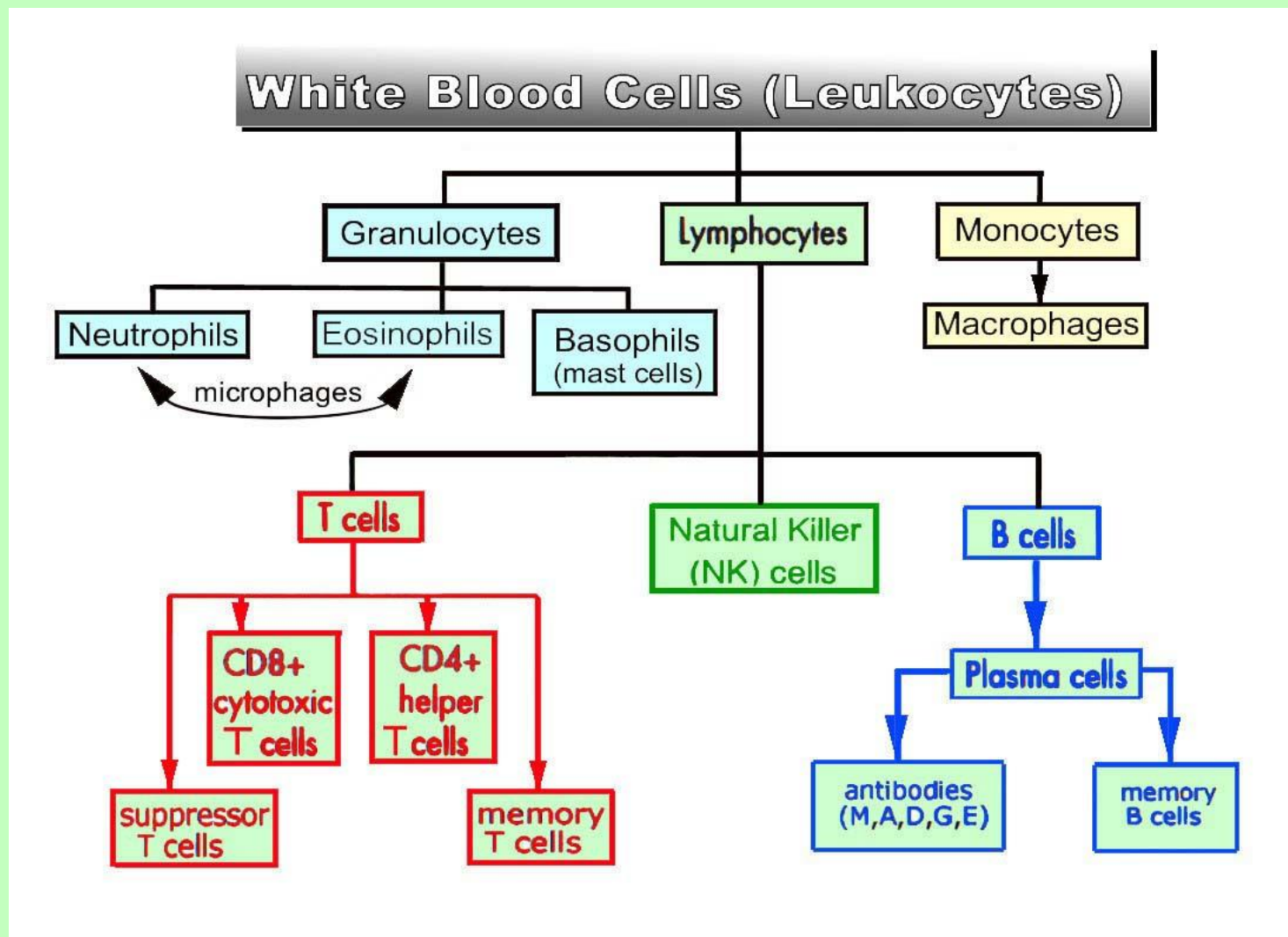
kémiaailag oldott

Az „üres” hemoglobin H^+ -t köt és szállít. A szövetekben felveszi a H^+ -t, ezzel jobbra húzza az egyensúlyokat \rightarrow elősegíti a CO_2 kémiai oldódását.

A tüdőben fordítva: leadja a H^+ -t, ez balra tolja az egyensúlyokat, felszaporodik a fizikailag oldott CO_2 és kilép a gázterbe.



FEHÉR VÉRSEJTEK



FEHÉR VÉRSEJTEK

Belső védekezésben résztvevő sejtmagvas sejtek.

Fehér vérsejtekből sokkal kevesebb van, 8-10.000 db/mm³, mégis sokféle van. A vöröscsontvelőben képződnek, őssejtekből.

Granulociták élettartamuk rövid, kb. 7 nap. Feladatuk a sejtidegen anyagok fagocitózisa. A mikrofág rendszer része. Sérülés, gyulladás helyén összegyűlnek (kemotaxis). Az elpusztult granulociták alkotják a gennyet.

Limfociták (nyiroksejtek): antitesteket képeznek, immunmemóriát hordoznak, az NK (natural killer) sejtek a beteg humán sejteket elpusztítják. A vöröscsontvelőben képződnek.

Monociták: élettartamuk szintén rövid. Makrofág rendszer. Főképp az elhalt saját, és nem saját sejteket kebelezik be, és bontják le, „kukások”. A vöröscsontvelőben képződnek.



RES

RES: reticulo-endothel systema

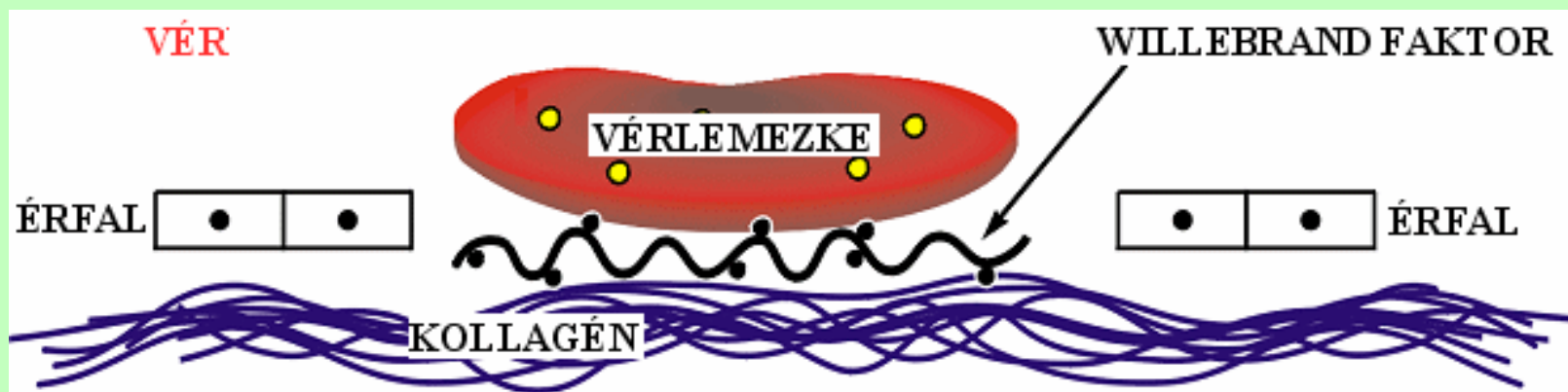
Immunrendszer helyhez kötött (álló) része.

- Lép
- Nyirokcsomók
- Köötőszövetben elhelyezkedő szervek
- Véreképző szervek



VÉRLEMEZKÉK, TROMBOCITÁK

Még kisebb méretű, változó alakú, leegyszerűsödött sejtek. $250 - 400.000 \text{ db/mm}^3$. Ha az érrendszer valahol megsérül, akkor a sérülés helyén a vérlemezék a sérült érfalhoz tapadnak, és az odatapadtak közé mindig újabbak rakódnak le. Ha a sérülés kicsi, ez önmagában is elég lehet a lezáráshoz. Ha viszont a sérülés nagyobb, akkor a véralvadás megindul, és a fibrin tartja össze a lemezeket.



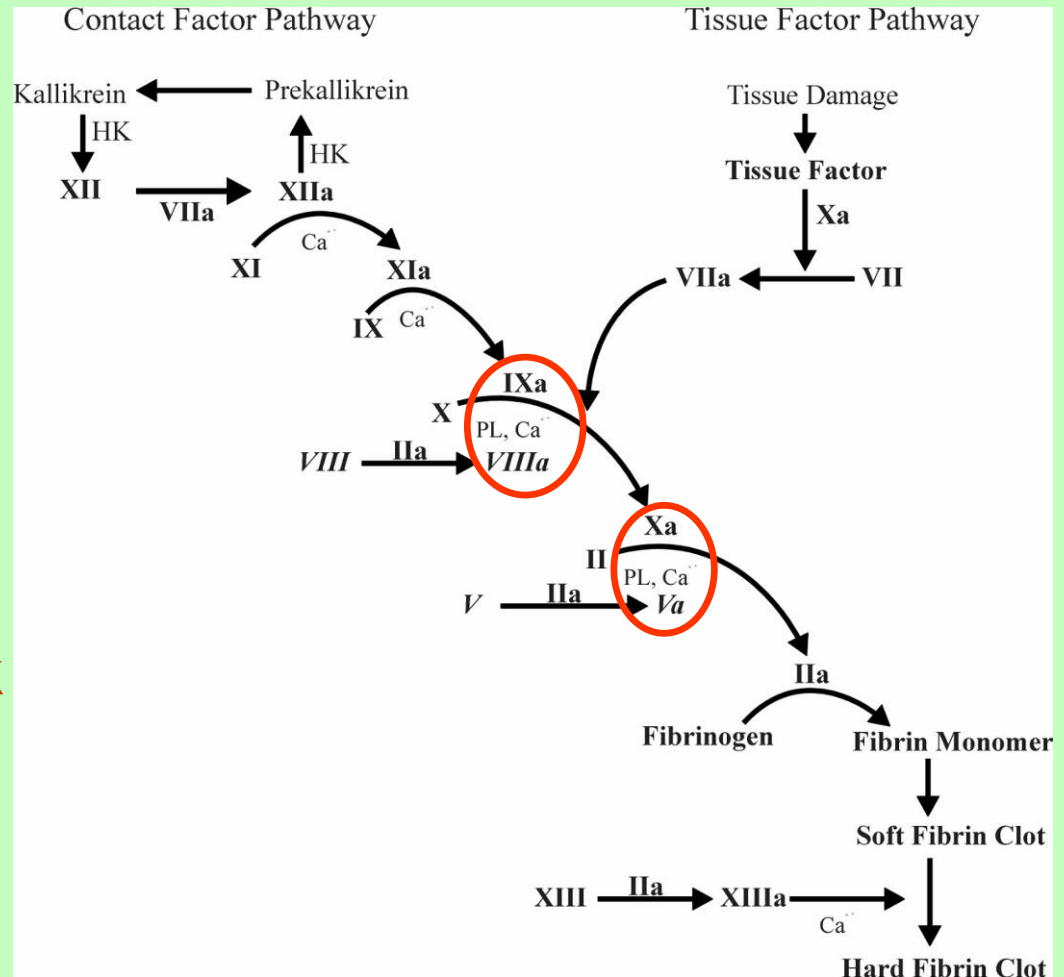
VÉRALVADÁS

A fibrinogén oldhatatlan fibrin szálakká csapódik ki.

„Kaszád” reakciósor:
az egyes lépésekben a
faktorok szelektív és
részleges proteolízissel
aktiválják a következő
enzimet.

Két indítási lehetőség:
Belső (intrinsic) út: a
sérülés következtében
a vérbe kerülő anyagok
váltják ki

Külső (extrinsic) út:
„szokatlan”, negatív
töltésű felület váltja ki



VÉRALVADÁS 2.

Biológiai erősítés: parányi kis változásból komoly anyagmennyiség átalakulása lesz:

XII faktor – 10 ppb

Fibrinogén – 4.000.000 ppb

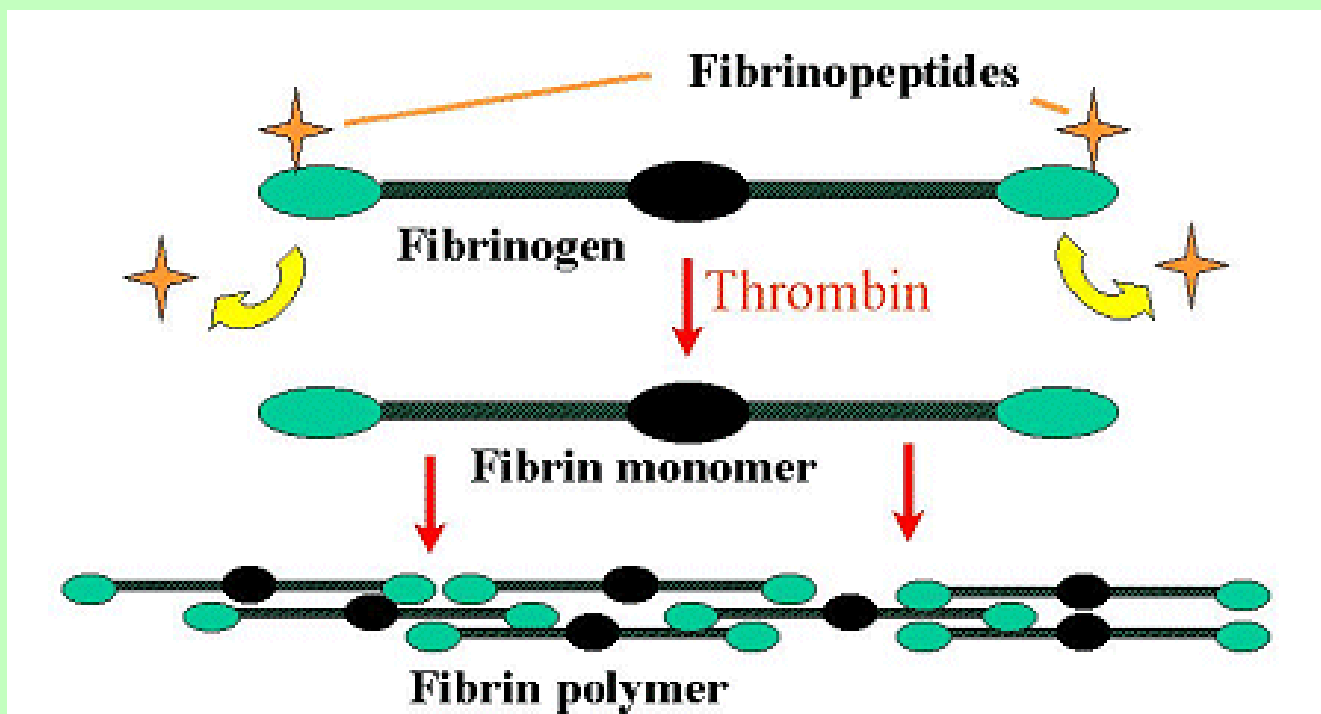
A kétféle alvadási reakciósor a X (Stuart) faktor aktiválásával közösen folytatódik.

Az X_a faktor a III, IV és V faktorokkal (foszfolipid, kalcium, akcelerin) katalizálja a protrombin \rightarrow trombin ($II \rightarrow II_a$) átalakulást.



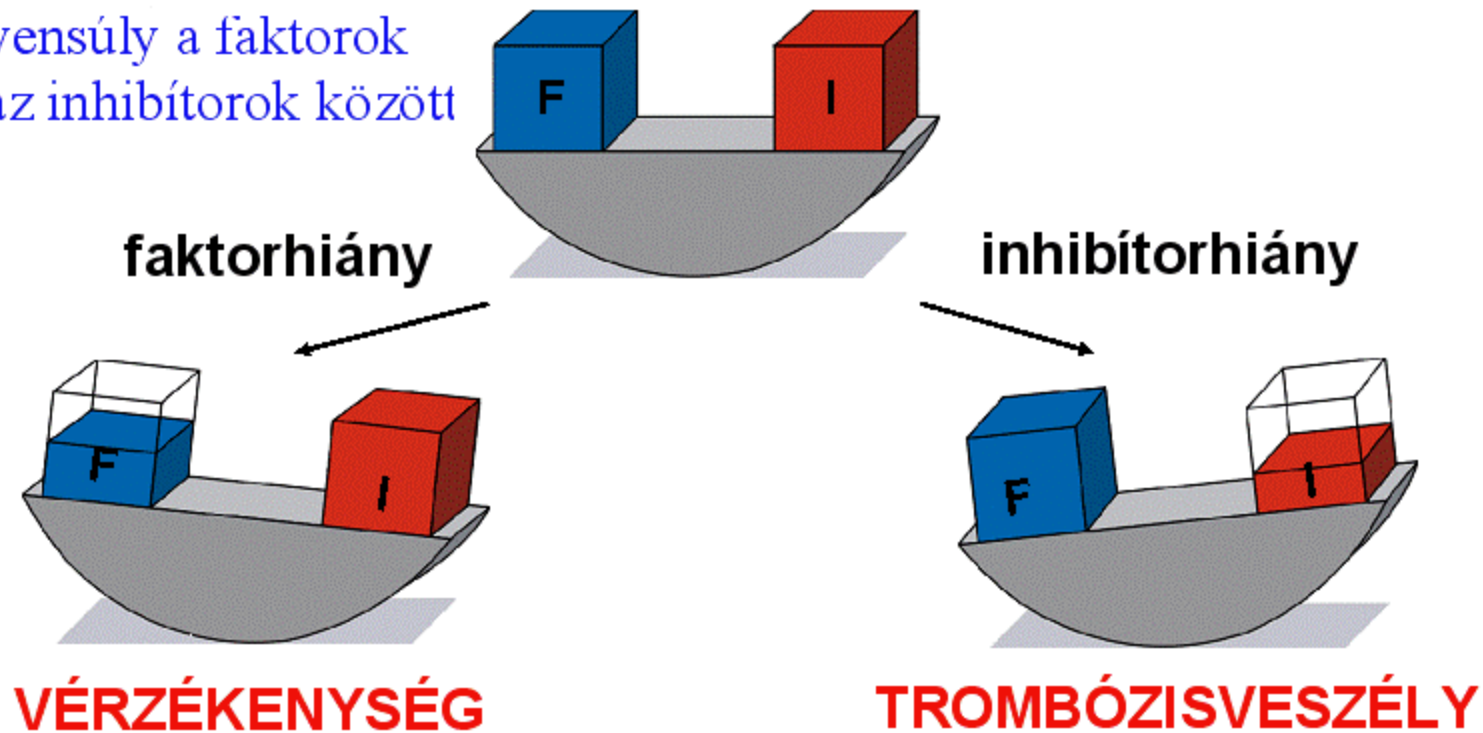
VÉRALVADÁS 3.

A trombin a fibrinogén \rightarrow fibrin ($I \rightarrow I_a$) folyamatot katalizálja. A fibrin ezután lineáris kötegekké polimerizálódik, majd a XIII_a (Laki-Lóránd) faktor térhálósítja.



A VÉRALVADÁS EGYENSÚLYA

Egyensúly a faktorok és az inhibitorok között



VÉRALVADÁS 4.

Az alvadék feloldása:

- természetes úton a plazmin (enzim) lassan feloldja. Működéséhez a szöveti plazminogén aktivátor (tPA) szükséges.
- gyógyszerként a sztreptolizin enzimet (*Streptococcus* faj termeli) is használják (szívinfarktus)

A véralvadás gátlása:

- Ca megkötése, oxaláttal vagy citráttal
- heparin (poliszacharid, állati szervekből)
- hirudin (pióca, rec-fehérje)
- kumarin-származékok (rágcsálóirtó szer, antidotum: K-vitamin)

