

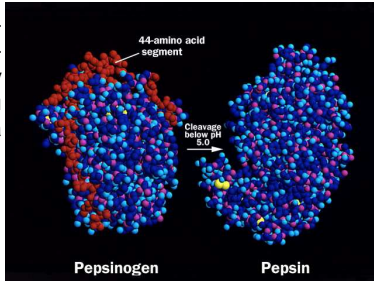


## PEPSZIN

**pepszin:** fehérjebontó enzim (endopeptidáz), az aromás aminosavak (Tyr, Phe) melletti peptidkötéseket bontja.

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

Ez autokatalitikus folyamat, de sav hatására is végbemegy.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

4

---

---

---

---

---

---

---

---

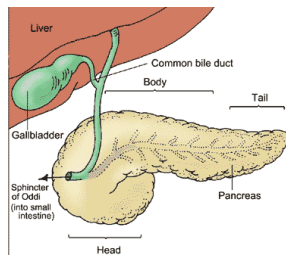
---

---

## PATKÓBÉL, DUODENUM

A gyomorkapuvál 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  $\text{NaHCO}_3$  tartalma okozza. Igen sokféle emésztő enzimet tartalmaz (**pankreasz** – mindent létrehozó)



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

5

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 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.

Karboxipeptidázok (a karboxi láncvégről egyesével hidrolizálja le az aminosavakat)



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

6

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## A HASNYÁMIRIGY ENZIMEI 2.

### B. Szénhidrátbontó enzimek

$\alpha$ -amiláz (endoamiláz), a keményítőt a lánc közepén bontja

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

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

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

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



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

7

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 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 cukrok 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. Cellulóz bontás csak a kérődzőknél, a bendőgyomorban élő bendőmikroflóra (mikroorganizmusok) által történik. Ezek a cellulózt anaerob körülmények közt bontani tudják. Szerves savakká bontják, nem cukorrá.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

8

---

---

---

---

---

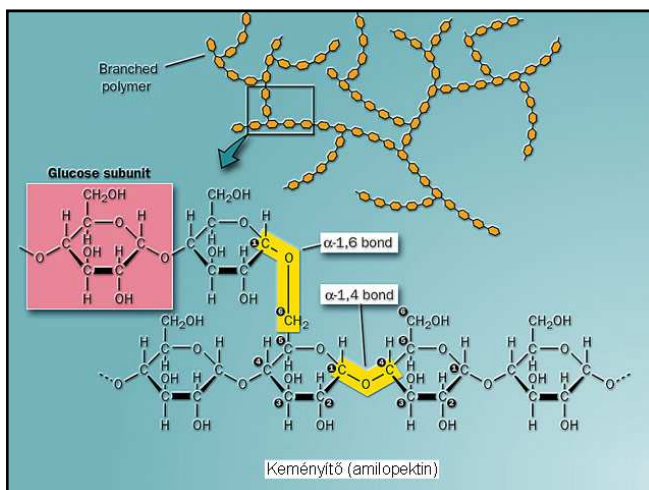
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### A HASNYÁMIRIGY ENZIMEI 3.

Nukleázok

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

Lipázok

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



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

10

---

---

---

---

---

---

---

---

---

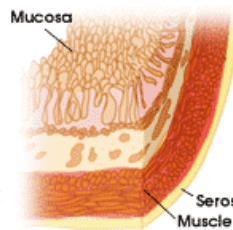
---

### A VÉKONYBÉL

= az emésztés és a felszívódás szerve.

Emésztőnedve (bélnedv) hatására a táplálék molekulái monomerjeire bomlanak és felszívódnak a bélbolyhok kapilláris érhálózatába.

A bélbolyhok a vékonybél falának kesztyűujjszerű nyúlványai. Az általuk kialakított felület igen nagy, mintegy 200 m<sup>2</sup>



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

11

---

---

---

---

---

---

---

---

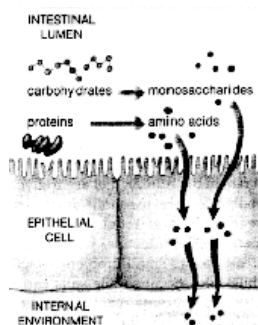
---

---

### FELSZÍVÓDÁS A VÉKONYBÉLBŐL

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

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



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

12

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



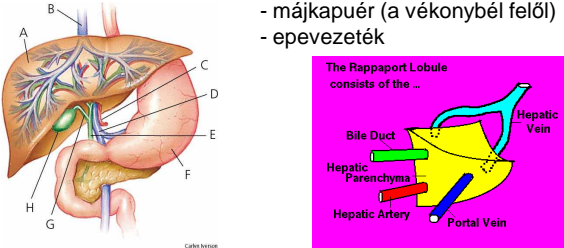
## A MÁJ MŰKÖDÉSE

**Funkciók:**

- biokémiai átalakítások
- epeváladék termelése

**Vérkeringése:** az artérián és vénán kívül csatlakozik még:

- májkapuér (a vékonybél felől)
- epevezeték



16

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 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 újratemelése folyik. Ugyanez sejt szinten 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.

17

---

---

---

---

---

---

---

---

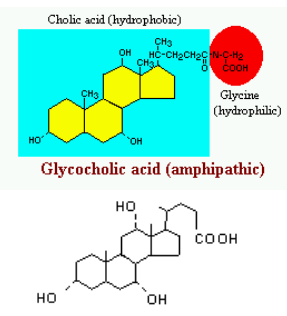
---

---

## A MÁJ MŰKÖDÉSE 2.

**Epeváladék:**

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



18

---

---

---

---

---

---

---

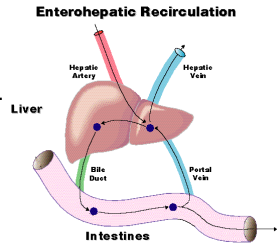
---

---

---

### 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.




---

---

---

---

---

---

---

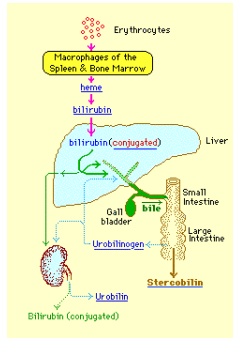
---

---

---

### EPEFESTÉKEK

A vörös vörsejtek hemoglobinjának bomlásából a lépben előbb **biliverdin** (zöld), majd **bilirubin** (narancs-sárga) keletkezik, kilép a vérbe, ahol albuminhoz kötve kering. Felhalmozódása a sárgaság (icterus) - betegségre utal. A vérből a máj veszi fel, kis részét a vese választja ki (sárga szín). A májban a bilirubin 2 glükuronsavval konjugálódik, és az epébe választódik ki (epefesték). Ezt a bélcsatornában a baktériumok tovább alakítják **szterkobilin**-né (barna).




---

---

---

---

---

---

---

---

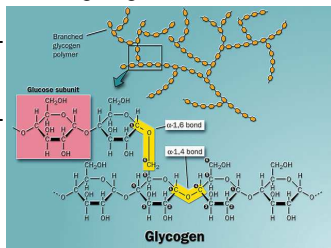
---

---

### SZÉNHYDRÁT ANYAGCSERE

Cukorfelesleg esetén a májsejtek felveszik a glükózt a vérből és **glikogén** formájában tárolják. Ha alacsony a vércukorszint, a glukagon hatására a glikogénből felszabadul glükóz. (Izmokban is)  
**Glikogén:** „állati keményítő”, elágazó láncú glükóz polimer.

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




---

---

---

---

---

---

---

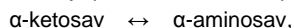
---

---

---

## 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  $\alpha$ -keto-glutársav, ezekből alanin, ill. glutaminsav transzaminálható.)

**Nitrogén anyagcsere:** Az aminosavak bontásánál keletkező ammóniát **karbamid**dá alakítja, a nukleotidok purin bázisaiból **húgysavat** képez, ezek a vérrel a vesébe jutnak majd a vizelettel kiválasztódnak (köszvény).



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

22

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 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 (→ csoport-specifitás).

**Általános elvek:**

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



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

23

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## KONJUGÁCIÓ

**Konjugáció:**

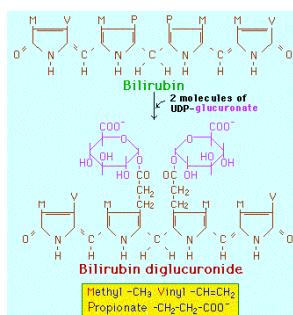
az idegen molekula reaktív csoportjára egy kéznél lévő, egyszerű molekulát (glükuronsav, glicin) kapcsol egy enzim

→ a reaktív csoport elreagált,

→ a vízdíthatóság javult,

→ a vese könnyebben kiválasztja

Példa: bilirubin konjugációja



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

24

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## MÉREGTELENÍTÉS 2.

Nitrogyületek (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.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

25

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## A VESE MŰKÖDÉSE

Kiválasztó és anyagcserezerv (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:  $\text{NH}_4^+$  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,  $\text{NH}_4^+$ , húgysav, kreatin, aminosavak).



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

26

---

---

---

---

---

---

---

---

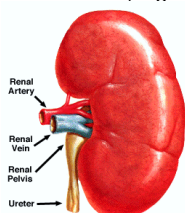
---

---

## A VESE MŰKÖDÉSE

### VESEFUNKCIÓK

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



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

27

---

---

---

---

---

---

---

---

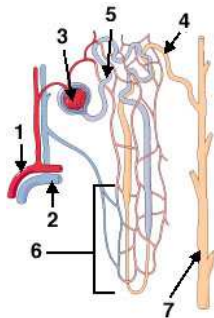
---

---

## 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 („közelel”)
- 6: Henle kacs
- 7: Gyűjtőcsatorna  $\rightarrow$  vesemedence  $\rightarrow$  húgyvezeték



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

28

---

---

---

---

---

---

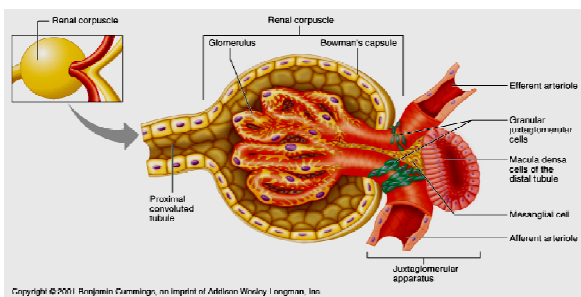
---

---

---

---

## GLOMERULUS, BOWMAN TOK



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

29

---

---

---

---

---

---

---

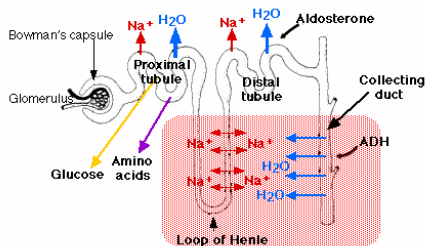
---

---

---

## REABSORPCIÓ

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



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

30

---

---

---

---

---

---

---

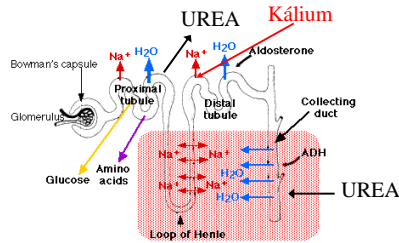
---

---

---

## REABSORPCIÓ 2.

A különböző anyagok más és más szakaszon szívódnak vissza:



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

31

---

---

---

---

---

---

---

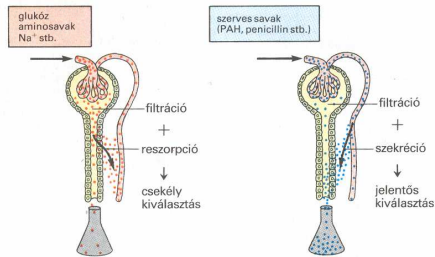
---

---

---

## RESZORPCIÓ ÉS SZEKRECIÓ

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



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

32

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

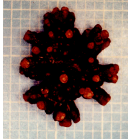
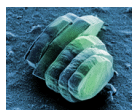
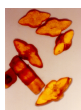
## KÓROS MŰKÖDÉS

**Cukor:** megjelenése magas vércukorszintet jelez (kb. 2 g/l, 10 mmól), 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 csatornában, ezek a henger alakú mikroszkópikus testek jelennek meg a vizeletben.

**Vesekő:** rosszul oldódó sók kiválhatnak. Fajtái:

- Kalcium oxalát
- Húgysav
- Kalcium karbonát



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

33

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 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 féláteresztő membrán tartalmú dialízáló modulon engedik át, ahol a kismolekulájú anyagok kificfundálnak a vérből. Ez az eljárás lényegében az elsődleges funkciót pótolja, de az aktív transzportokat nem.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

34

---

---

---

---

---

---

---

---

---

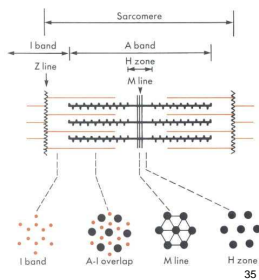
---

## AZ IZOMMŰKÖDÉS

Anatómiailag megkülönböztetünk sima és harántcsíkolt izomzatot, de az alapstruktúra (szarkomer) azonos.

Az összehúzódás irányára merőlegesen Z és M vonalak (inkább síkok) tagolják, párhuzamosan pedig hatszöges elrendezésben vékony és vastag fonalak/gerendák futnak.

Aktin : miozin = 2 : 1



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

35

---

---

---

---

---

---

---

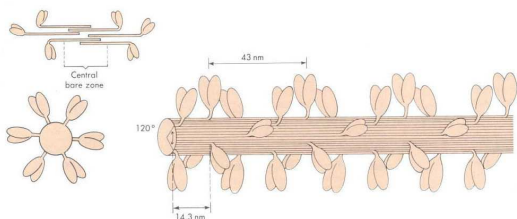
---

---

---

## FINOMSZERKEZET

A miozin „gerenda” sok egyforma „golfütő”szerű alegység-ből áll. A fejek szabályos hatszöges elrendezésben állnak.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

36

---

---

---

---

---

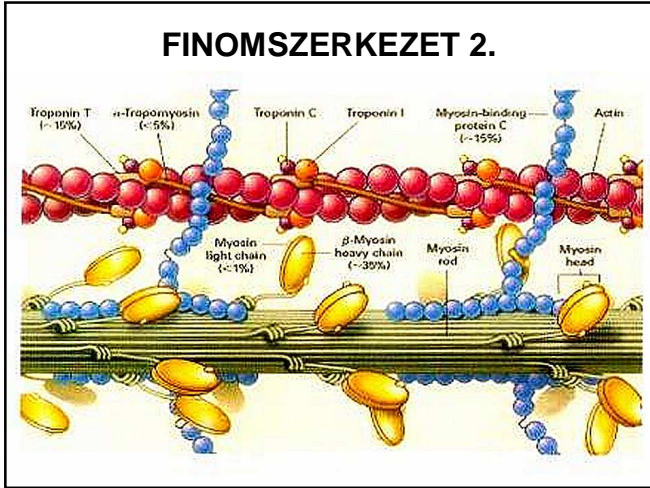
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

### IZOMÖSSZEHÚZÓDÁS

A miozin fejek  $Ca^{2+}$  jelenlétében és ATP bontással „bólintanak”, ezzel elmozdítják az érintkező aktin fonalakat.

Maguk a molekulák nem rövidülnek meg, hanem elcsúsznak egymás mellett. Nem „rugó”, hanem „teleszkóp”.

38

---

---

---

---

---

---

---

---

### A KALCIUM SZEREPE

A motoros neuron a szinapszison keresztül ingerli az izomsejtet. Ennek szarkoplazmás retikulumából  $Ca^{2+}$  ionok áramlanak ki, ezek kötődnek a troponinra – létrejön az elmozdulás. Az izom elernyedéséhez az kell, hogy a Ca-pumpák aktív transzporttal visszavigyék a  $Ca^{2+}$  ionokat a SR-ba (kalszerekvesztrín = raktározó fehérje, kb 40  $Ca^{2+}$  iont képes megkötni). (Ellési bénulás, hullamerevség)

Energia-tartalék: - glikogén, - kreatin-foszfát,  
 - ATP regenerálás:  $2 ADP \rightarrow ATP + AMP$

Anaerob izomműködés: tejsav a végtermék, izomláz

39

---

---

---

---

---

---

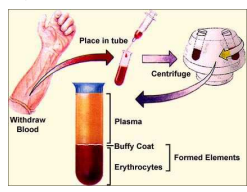
---

---

### A VÉR BIKÉMIÁJA

Áramló folyadék, amely anyagokat és hőt szállít a szervezeten 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 anyagcseretermékeket, a szén-dioxidot és a hőt.

Lazarostos kötőszövet.  
Mennyisége kb. 5 liter.  
Vér = vérplazma + sejtés elemek  
Vér = szérum + vérelepény



---

---

---

---

---

---

---

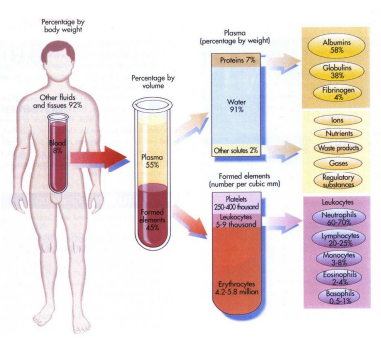
---

---

---

### A VÉR ÖSSZETÉTELE

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



---

---

---

---

---

---

---

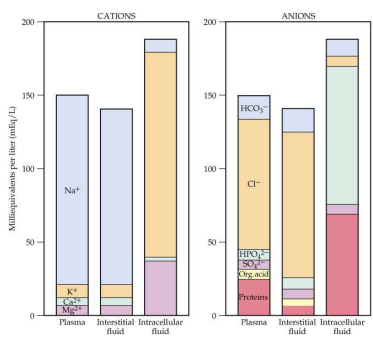
---

---

---

### A VÉR IONÖSSZETÉTELE

Ionok, sók:  
-állandó ozmózisnyomás, ~0,3 oszmól (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** ( $\alpha_1$   $\alpha_2$   $\beta_1$   $\beta_2$ ) Gliko- és lipoproteinek, szállító funkció

**$\gamma$  globulin:** immunfehérjék, antitestek, a fehér vérszettek termelik

**Véralvadási faktorok:** fibrinogén

Frakciók	%	Normál %	g/l
Albumin	49,5	59,0 - 70,0	29,0 - 41,0
Alpha 1	2,5	1,0 - 2,1	1,5 - 2,1
Alpha 2	11,0	7,0 - 12,0	7,0 - 12,0
Beta 1	9,4	4,9 - 7,4	4,9 - 7,4
Beta 2	2,8	1,6 - 2,6	1,6 - 2,6
Gamma	13,8	6,0 - 12,7	6,0 - 12,7

A/G = 1,64

Normál elektroforézis mintázat

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

43

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## VÖRÖS VÉRSEJTEK

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

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

Vérszegénység – B<sub>12</sub> vitamin, Fe

Fő funkció: oxigénszállítás (95 % hemoglobin)

Membránja hordozza az ABO vércsoport-tulajdonságokat (glikoproteinek)

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

44

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 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

Heme az  $\text{Fe}^{2+}$  molekulát binds to the central iron atom

A vasatomon más is kötődhet:  $\text{H}^+ \rightarrow \text{CO}_2$  szállítás

CO kötődés: mérgezés

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

45

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

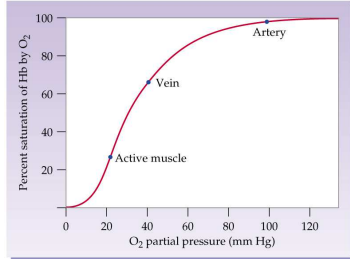
## OXIGÉNSZÁLLÍTÁS

A hemoglobin oxigénkötő képessége elsősorban az oxigén parciális nyomásától függ.

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



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

46

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

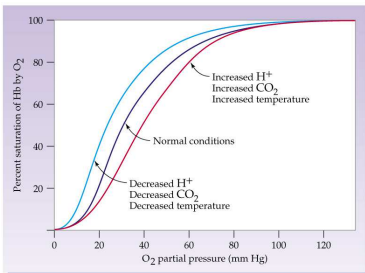
---

---

## 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.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

47

---

---

---

---

---

---

---

---

---

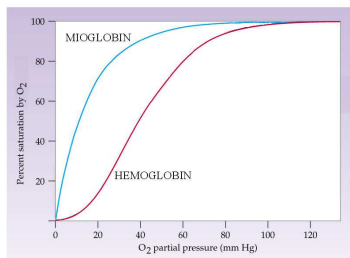
---

---

---

## MIOGLOBIN

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



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

48

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

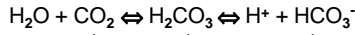
---

---



## SZÉNDIOXID SZÁLLÍTÁS

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



$\uparrow$                        $\uparrow$                        $\uparrow$   
 fizikailag oldott      kémiailag oldott

Az „üres” hemoglobin  $\text{H}^+$ -t köt és szállít. A szövetekben felveszi a  $\text{H}^+$ -t, ezzel jobbra húzza az egyensúlyokat  $\rightarrow$  elősegíti a  $\text{CO}_2$  kémiai oldódását.

A tüdőben fordítva: leadja a  $\text{H}^+$ -t, ez balra tolja az egyensúlyokat, felszaporodik a fizikailag oldott  $\text{CO}_2$  és kilép a gáz-térbe.




---

---

---

---

---

---

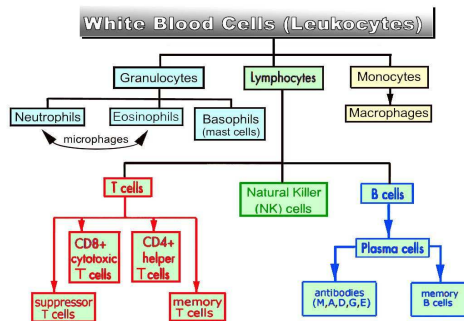
---

---

---

---

## FEHÉR VÉRSEJTEK




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## FEHÉR VÉRSEJTEK

Fehér véresejtekből sokkal kevesebb van, 8-10.000 db/mm<sup>3</sup>, mégis sokféle van. A csontvelőben 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 human sejteket elpusztítják.

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




---

---

---

---

---

---

---

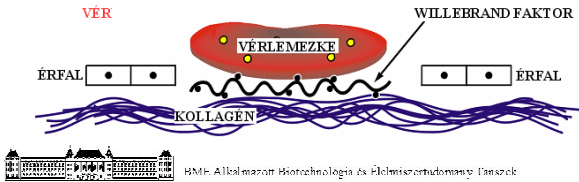
---

---

---

## VÉRLEMEZKÉK, TROMBOCITÁK

Még kisebb méretű, változó alakú, leegyszerűsödött sejtek. 250 – 400.000 db/mm<sup>3</sup>. Ha az érrendszer valahol megsérül, akkor a sérülés helyén a vérlemezkék 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 véralvasdás megindul, és a fibrin tartja össze a lemezeket.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

52

---

---

---

---

---

---

---

---

---

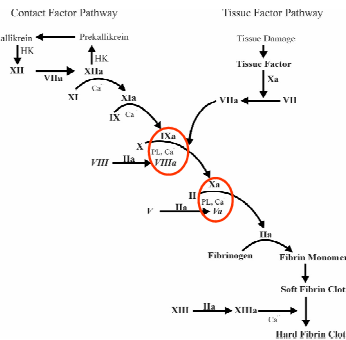
---

## ALVADÁSI OLDAL: FAKTOROK

„Kaszád” reakció: 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.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

53

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## VÉRALVADÁS

Biológiai erősítés: parányi kis változásból komoly anyagmennyiség átalakulása lesz:

XII faktor – 10 ppb

Fibrinogén – 4.000.000 ppb

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

Az X<sub>a</sub> faktor a III, IV és V faktorokkal (foszfolipid, kalcium, akcelerin) katalizálja a protrombin → trombin (II → II<sub>a</sub>) átalakulást.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

54

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## VÉRALVADÁS

A trombin a fibrinogén  $\rightarrow$  fibrin (I  $\rightarrow$  I<sub>a</sub>) folyamatot katalizálja. A fibrin ezután lineáris kötegekké polimerizálódik, majd a XIII<sub>a</sub> (Laki-Lóránd) faktor térhálósítja.

Fibrinopeptides  
Fibrinogen  
↓ Thrombin  
Fibrin monomer  
↓  
Fibrin polymer

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék 55

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## A VÉRALVADÁS EGYENSÚLYA

Egyensúly a faktorok és az inhibitorok között

faktorhiány      inhibitorhiány

**VÉRZÉKENYSÉG**      **TROMBÓZISVESZÉLY**

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék 56

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## VÉRALVADÁS

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)

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék 57

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---