

# Élettan

Élettan: alapvető működési folyamatok elemzése, alapvetően kísérletes tudomány

Sejtélettan  
Viselkedéselettan  
Fejlődéselettan  
Sportélettan  
Munkaélettan

Környezetélettan

Kórélettan



Ajánlott könyvek: Dr. Ormay Sándor, Élettan - kórélettan  
Semmelweis Kiadó

Dr. Fonyó Attila. Élettan gyógyszerészhallgatók  
számára. Medicina Kiadó

<http://physiology.elte.hu/>

# A Könyezetélettan c. tantárgy tematikája

1. A szervezet kapcsolata a környezettel, homeosztatikus működések, a vér élettana
2. Az idegi működés alapjelenségei, a nagy szabályozó rendszerek (idegrendszer, hormonális rendszer) szerveződése I.
3. A nagy szabályozó rendszerek (idegrendszer, hormonális rendszer) szerveződése II.
4. Tápanyag felvétel, tápanyag szállítás, anyagforgalom ( $\text{Ca}^{2+}$ , glukóz)
5. A keringési rendszer
6. A légzési gázok szállítása, a légzőrendszer felépítése, légzésszabályozás. A kiválasztórendszer működése, sav-bázis egyensúly
7. Az izomműködés, a mozgatórendszer, mozgásszabályozás, az izomműködés energetikája
8. Az érzőrendszer általános jellemzése
9. Egyes érzőszervek működése
10. Magasabb idegi tevékenység - alvás-ébrenlét szabályozás, viselkedésszabályozás, tanulási folyamatok
11. Stresszfolyamatok

# *Egyed feletti szerveződési szintek*

Bioszféra



Biom



Társulás



Populáció



egyed/  
szervezet  
Előlény



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

# *Mi az „egyed”?*

A **szervezetek** a térbeli elhatároltság és egyéb sajátosságok miatt lényegében azonosak az **egyeddel** (az individuummal).

(Anatómiai értelemben) a **szervezet** az élőlény szerveinek egy egyedet alkotó rendszere.

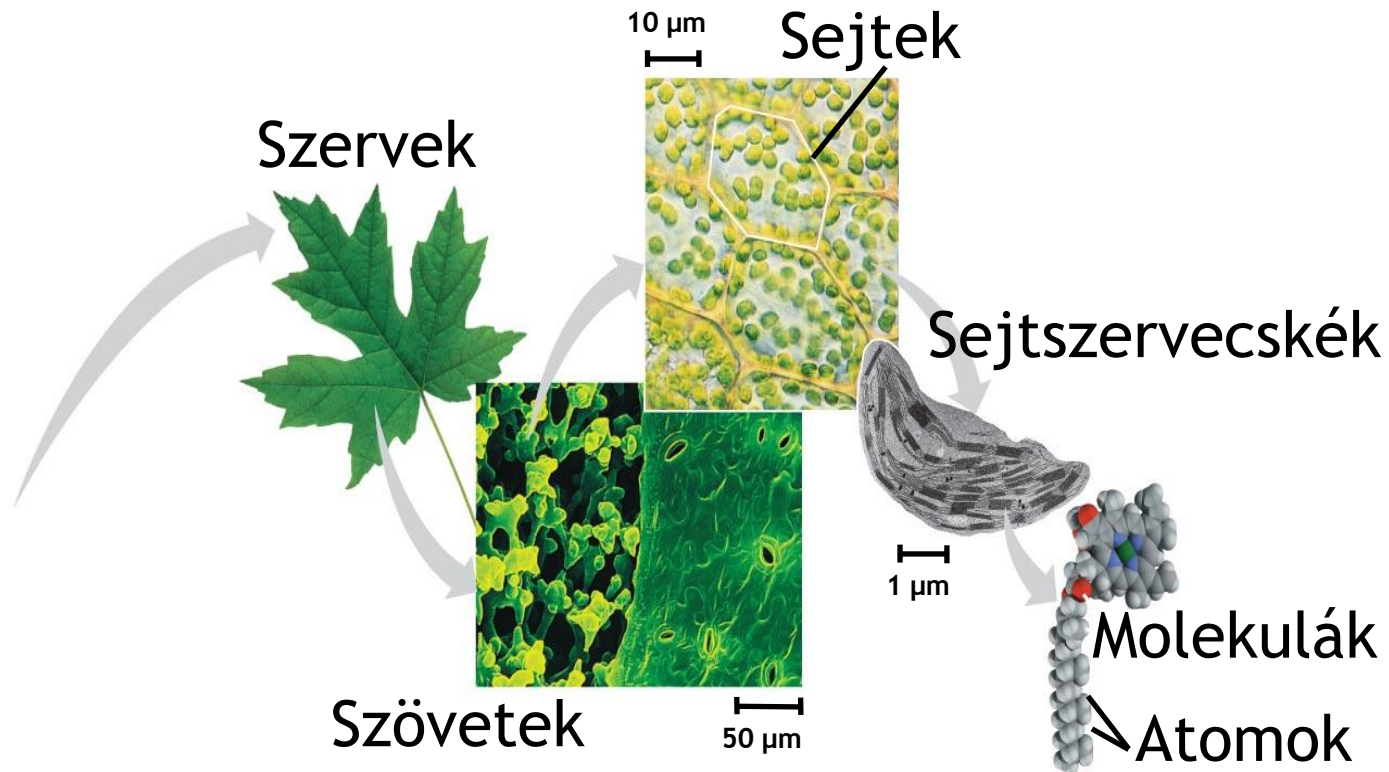
A szervezet szó biológiai értelmezésében az a biológiai rendszer, amely

1. létezése minden pillanatában kielégíti az abszolút életkritériumokat,
2. legalább potenciálisan képes reprodukálódni (magához hasonló szerveződésű másik szervezetet létrehozni), és
3. térben többé-kevésbé világosan elhatárolható más szervezetektől.

Az **abszolút életkritériumok**: inherens egység, **homeosztázis**, **biológiai anyagcsere**, genetikai állomány, belső kommunikáció, a sajátot az idegentől megkülönböztető önvédelmi rendszer, halál.

A **potenciális életkritériumok**: növekedés, reprodukció, örökletes változékonyság (Ez a biológiai evolúció alapja).

# *Egyed alatti szerveződési szintek*



# *Belső környezet és homeosztázis*

A gerinces állatok sejtjeit többnyire sejtközötti folyadék veszi körül. Ez az un. **belső környezet**.

A sejtközötti folyadék egy sajátos közeg, amelynek összetétele evolúciósan konzerválódott és eredete az őstengerig nyúlik vissza.

Az élő szervezet a külső környezet folyamatos változásai közepette is igyekszik a belső környezet állandóságát fenntartani.

**A homeosztázis a belső környezet állandóságát biztosító élettani folyamatok összessége.**

# *A metabolizmus*

**A metabolizmus (anyagcsere) az élő szervezetekben végbemenő anyag- és energiaáramlás. A szervezetben végbemenő kémiai reakciók összessége.**

A metabolizmus keretében zajló anyag- és energiaáramlás a termodinamika törvényeit követi.

Termodinamikai rendszerek:

- elszigetelt rendszerek
- zárt rendszerek
- nyílt rendszerek

# *A metabolizmus*

A tápanyagok, salakanyagok, légzési gázok felvétele-leadása az élőlény és a környezete közötti határfelületen át történik.

A kicserélendő anyag mennyisége az élőlény térfogatával, a csere sebessége viszont a felületével arányos!

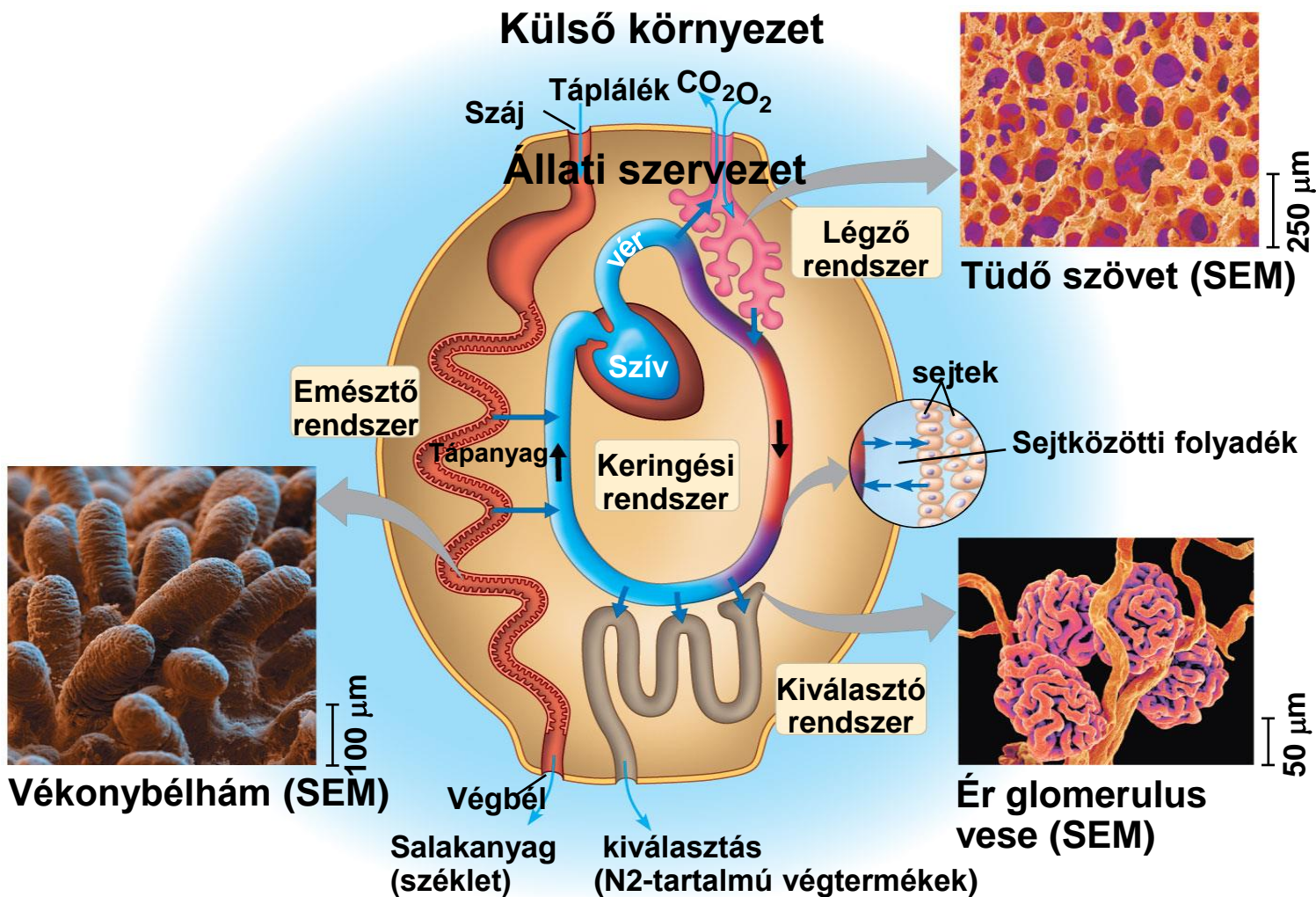
Az egysejtűek esetében a felület/térfogat arány még elegendő.

A többsejtű állatok megoldása a felület/térfogat arány megtartására: zsákszerű testszerveződés.

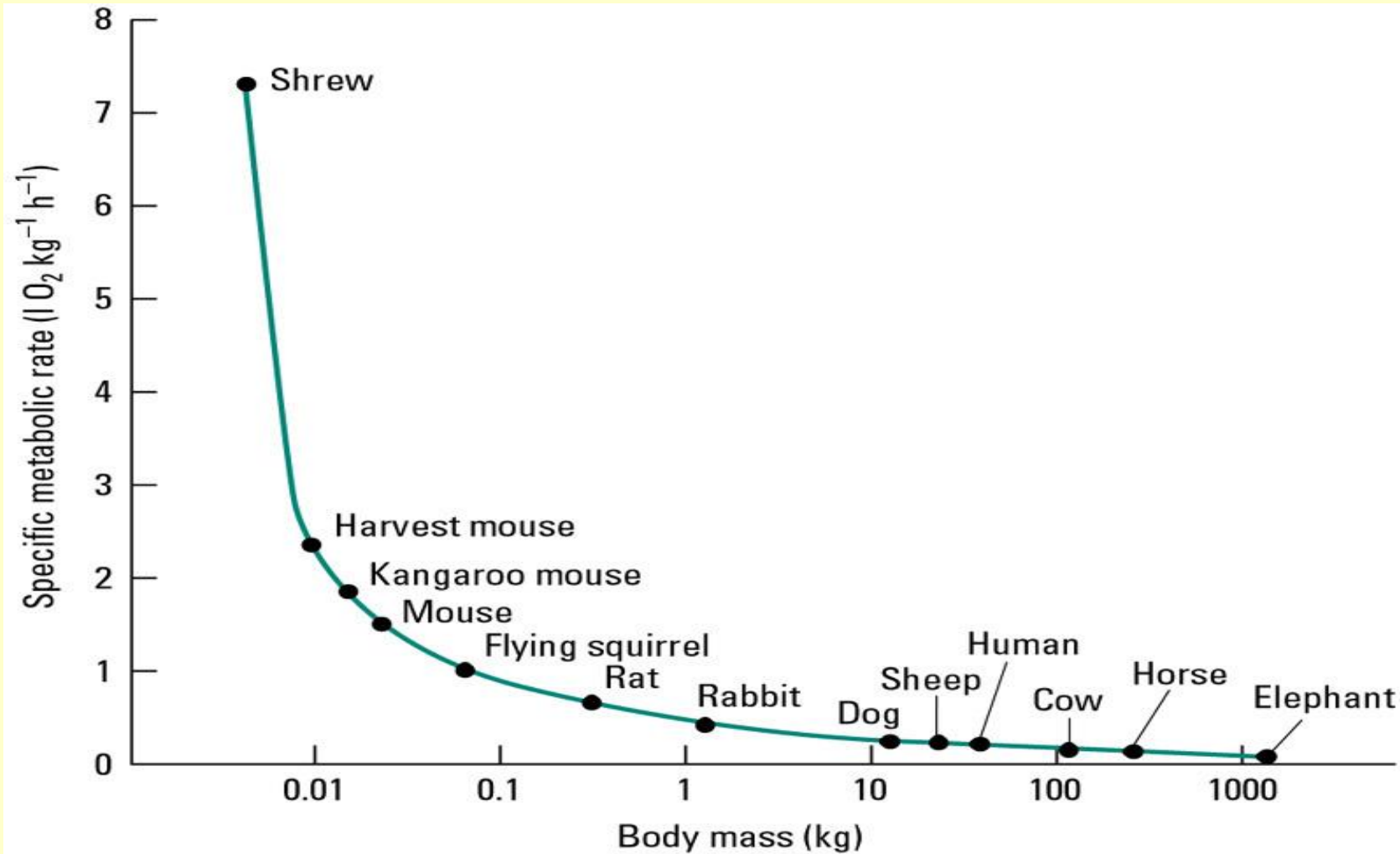
A lapos test (pl. laposférgek) szintén a sejtek és a környezet közti távolság csökkentésére alakult ki.



# Anyagcsere és testforma



# Testtömeg-anyagcsere összefüggés



alapanyagcsre

nyugalmi anyagcsre

# *A vér funkciói*

A vér folyékony sejtközötti állománnyal rendelkező kötőszövet.

## Transzport

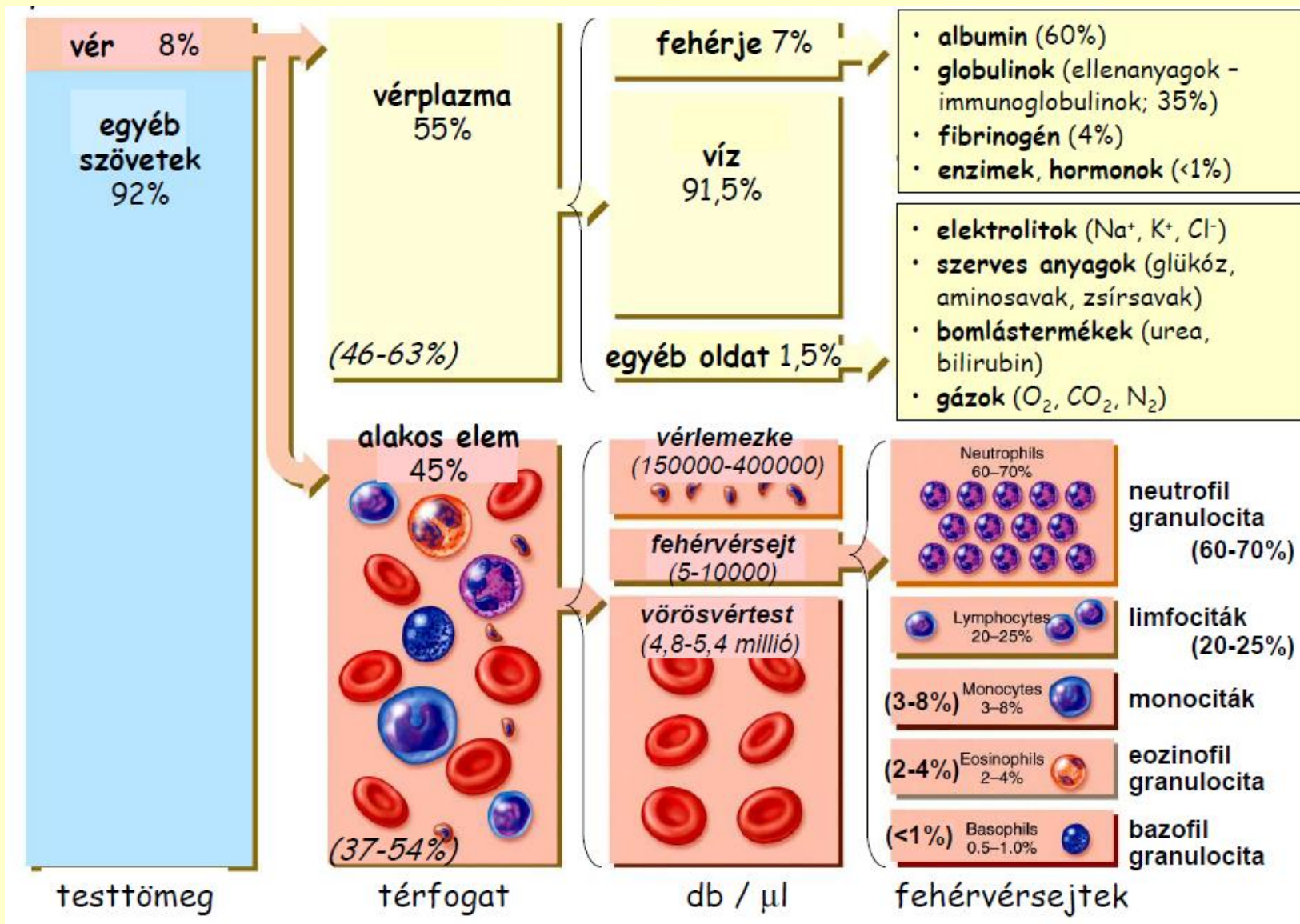
- oxigén és szén-dioxid szállítás
- tápanyagok, ionok, vitaminok stb.
- anyagcsere végtermékek szállítása a kiválasztó szervekhez
- hormonok szállítása

## Védelem

- immunglobulinok
- fagocitáló sejtek
- véralvadás

## Hőszállítás

# Vér



# *A vérplazma 1.*

**Víz (90%)**

Ozmotikus nyomása 290 milliozmol/l

**Diffúzibilis anyagok:** (krisztalloidozmotikus nyomás)

**Ionok:**  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  és  $\text{HCO}_3^-$

$\text{Na}^+$ .....143 mmol/l

$\text{Cl}^-$ .....103 mmol/l

$\text{K}^+$ .....4 mmol/l

$\text{HCO}_3^-$ .....24 mmol/l

$\text{Ca}^{++}$ .....2,5 mmol/l

$\text{H}_2\text{PO}_4^-$  és  $\text{HPO}_4^{--}$ ....1 mmol/l

$\text{Mg}^{++}$ .....1 mmol/l

**Glukóz..4,5-5,0 mmol/l**

Urea.....2,5-6,3mmol/l

Gliceridek, koleszterin, aminosavak, hormonok stb.

Gázok:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$

# A vérplazma 2.

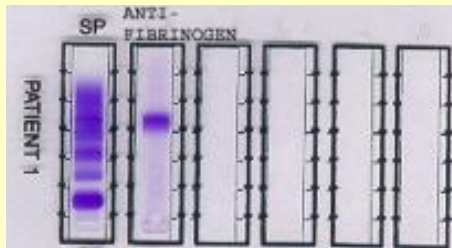
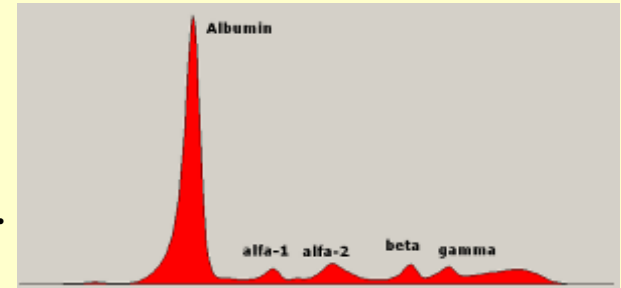
## Nem diffúzibilis anyagok (kolloidok)

65-83g/l (6-8 g%)

májban szintetizálódik nagyrészt

főleg savas formában vannak jelen pH 7,4 mellett.

Sav-bázis pufferek.



## Fibrinogén (4%): véralvadás

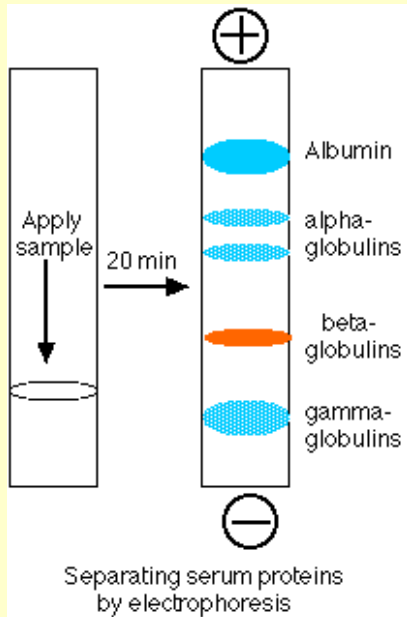
- kicsapódása után savó, vagy szérum marad vissza

## Albuminok (60%): kolloid ozmózisnyomás

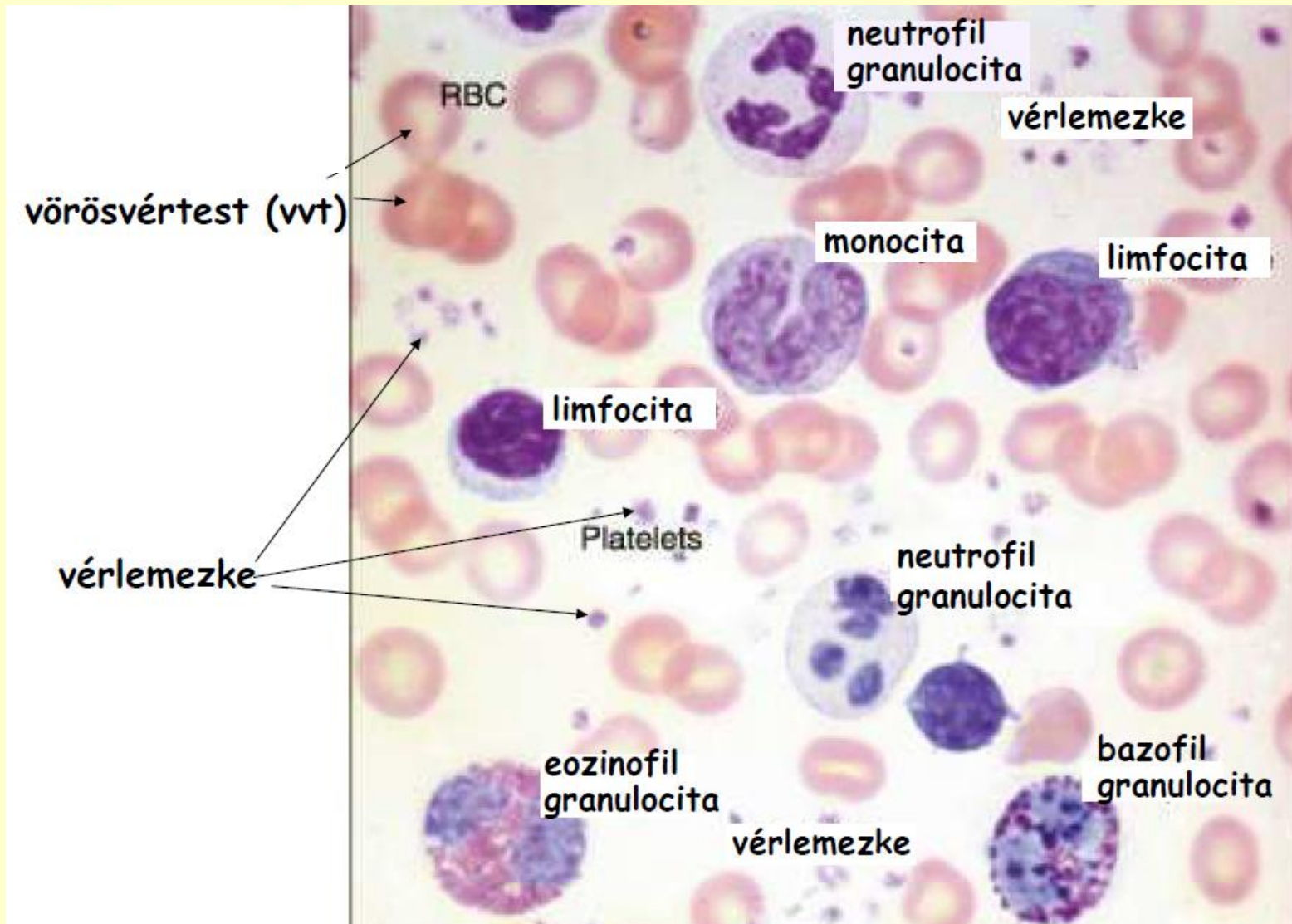
## Globulinok (35%): transzport, immunválasz

- $\alpha$ 1-globulinok (retinol, tiroxin, transzkortin)
- $\alpha$ 2-globulinok (coeruloplazmin, haptoglobin)
- $\beta$ -globulinok (transzferrin, komplement faktorok plazminogén, protrombin stb)
- $\gamma$ -globulinok (immunglobulinok)

## Enzimek, hormonok (1%)

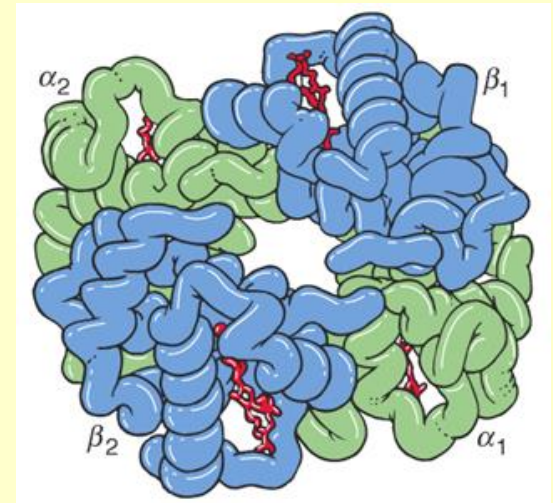
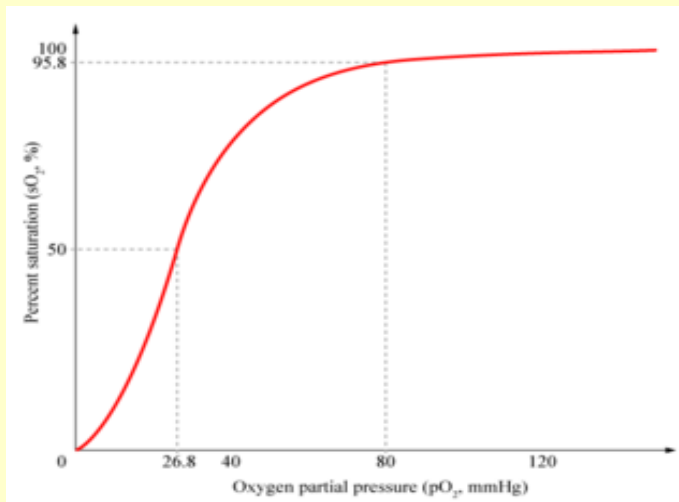


# A vérsejtek típusai



# Hemoglobin

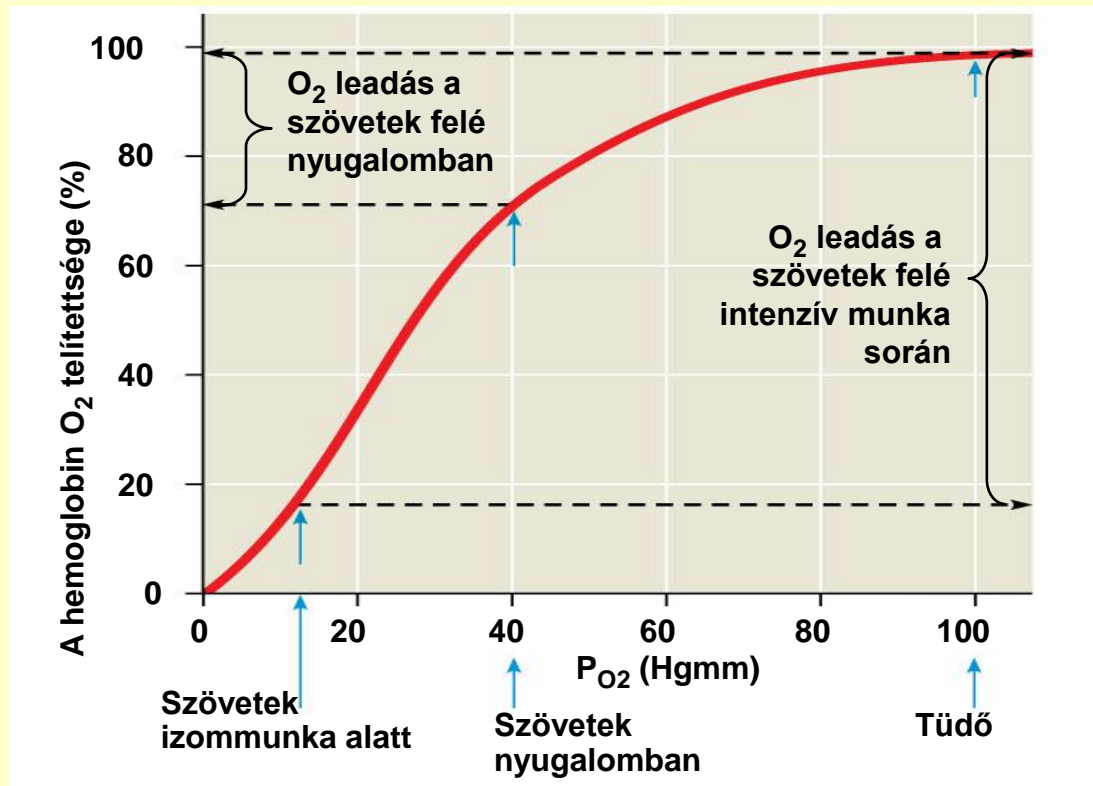
- Oxigenálva élénkpiros, egyébként lilásvörös
- **Tetramer szerkezetű**
  - Fehérjerész: globin
  - Nem fehérje rész: Hem (vas+porfirin váz)
  - Négy oxigénmolekulát köthet
- $O_2$  telítődés szigmoid jellegű
  - mert az egyik alegység  $O_2$  kötése felgyorsítja a többi alegység reakcióját.





# Az oxigén deszaturációja

- Az oxigén leadását (deszaturációt) segíti:
  1. A magasabb hőmérséklet
  2. A kapillárisok alacsony  $O_2$  tenziója

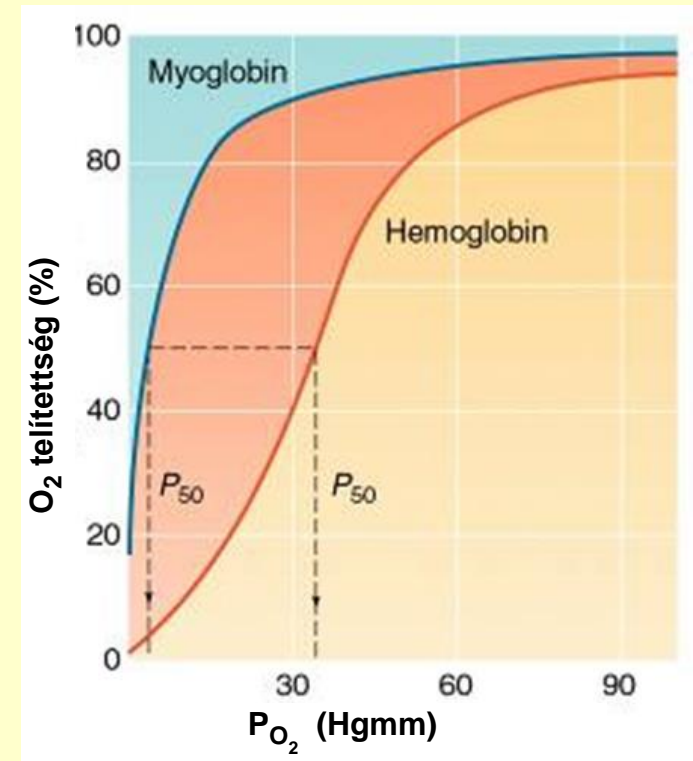
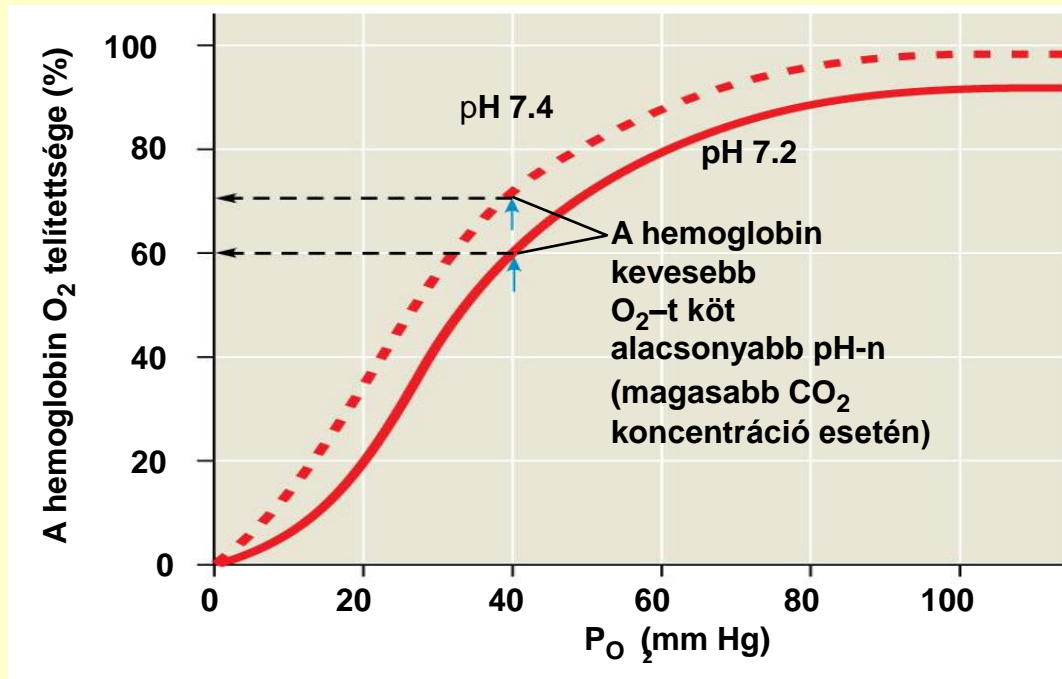


# Az oxigén deszaturációja

3. A magas  $\text{CO}_2$  koncentráció miatt kialakuló savas pH (Bohr effektus)

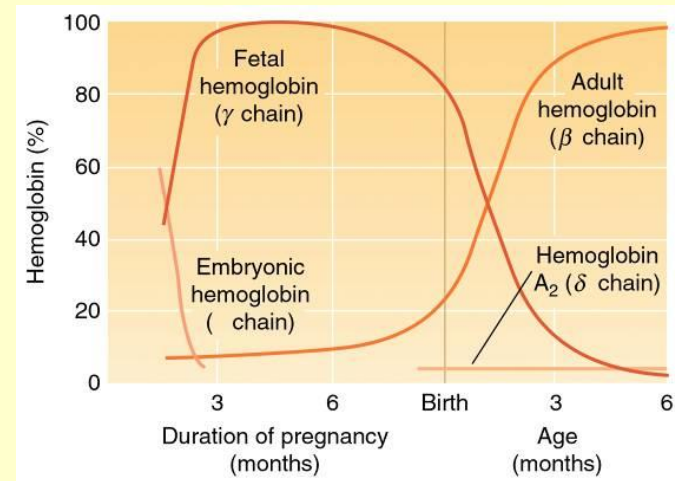
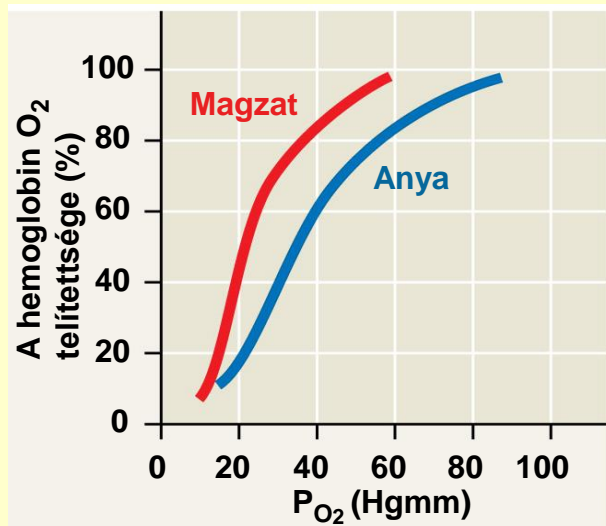
## 4. Mioglobin

- az izomsejtekben veszi át az oxigént a hemoglobintól
- Monomer szerkezetű
- Alacsonyabb  $\text{O}_2$  tenzióon telítődik (5Hgmm-nél), így át tudja venni az oxigént a hemoglobintól



# Az oxigén deszaturációja

5. A glikolízis egyik köztitermékének (2,3-bisz-foszfoglicerát, 2,3-BPG) kötődése a Hb-hoz
- **A magzati hemoglobin** nem köti a 2,3-BPG-t
  - A placentában jobban oxigenálódik, mint az anyai hemoglobin, így képes tőle az oxigént átvenni.
  - Születés után lecserélődik - intenzív vörösvértestbomlás - „besárgul”



# *Hemoglobin kieg.*

- A szénmonoxid mérgezés
  - 200x jobban kötődik a hemoglobinhoz,
  - ráadásul egyetlen alegységhez kötődve csökkenti a többi alegységen az oxigén deszaturációját.
- Nitrát-mérgezés
  - Az O<sub>2</sub> állandóan oxidálja a hem-vasat, a keletkező methemoglobin nem funkcióképes.
  - A vvt-ben jelenlevő methemoglobin-reduktáz NADPH segítségével állandóan visszaredukálja.
  - Ha más oxidálószerek (nitrát a vízben) oxidálják a hemoglobint, vagy ha a reduktáz nem funkcióképes, a szövetek hipoxiásak lesznek
  - A reduktáz a csecsemőkben még nem teljesen funkcióképes

# *Egyéb vvt zavarok*

## • **Vérvesztéses anaemia:**

- Plazmavesztés is, amit a sejtközötti folyadék pótol, a vér felhígul.
- A szervezet hipoxiás lesz, amit eritropoetinszintézis követ.
- Egy hét múlva emelkedett retikulocitaszám.
- Krónikus vérzés vashiányos anaemiához vezet.

## • **Methemoglobinaemia:**

- A hem vas oxidálódik de nem tud visszaredukálódni, így viszont a Hb nem funkcionál.
- Oka:
  - redukáló enzimek zavara (methemoglobin reductáz, glutation-reduktáz)
  - Hb szerkezeti eltérés
  - nitritmérgezés, gyógyszermérgezés
    - Csecsemőkben (kb. 6 hónapos korig) kevés a reductáz, így a nitrátos víz súlyos hipoxiát okoz!!!

# A pH szabályozása

- A vér pH 7,35-7,45 között változik
- Normál működés 7.0-7.8 között lehetséges.
- Az ennél nagyobb ingadozásokat a vér pufferrendszerei akadályozzák meg.
- Henderson-Hasselbalch egyenlet.

$$\text{pH} = \text{pK} + \log \left( \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \right)$$

$$K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}^+]}{[\text{HA}]}$$

$$\text{p}K_a = -\log_{10} K_a$$

- **A legfontosabb konjugált sav-bázis pár a szénsav-bikarbonát.**  
(A szénsav helyett a  $\text{CO}_2$  parciális nyomását szokták mérni, így a képletben a  $\text{CO}_2$  oldékonysága is szerepel, a K-ban pedig a szénsavképződés és a disszociáció mértéke is benne foglaltatik.) azaz

$$\text{pH} = \text{pK} + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{\alpha * \text{pCO}_2}$$

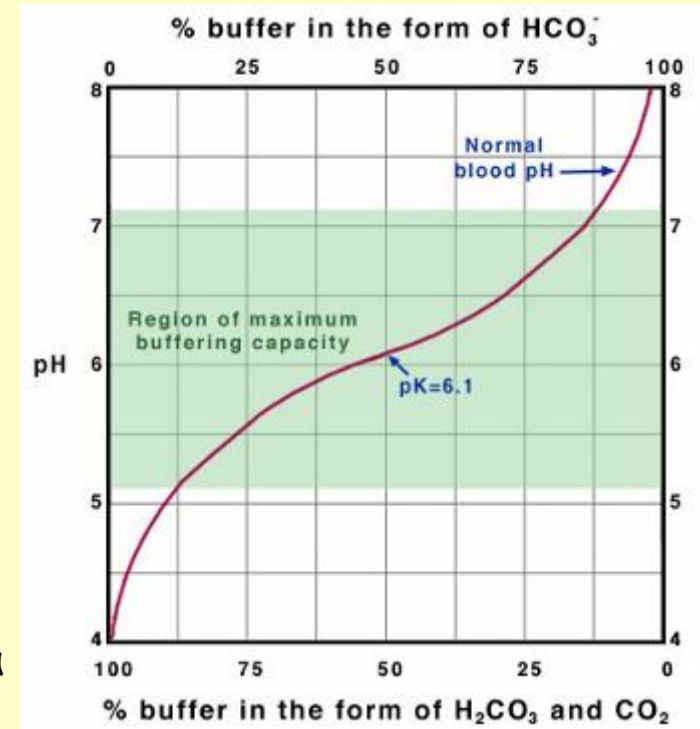
# A szénsv-bikarbonát puffer

- Artériás vérben:

- $6.1 + \log(24/0,03 \cdot 40) = 7.4$
- Mivel  $pK=6.1$ , a vér normális pH-ján nem jó puffer a  $CO_2/HCO_3^-$  rendszer.
- Mégis jó, mert  $CO_2$ -t a légzés,  $HCO_3^-$ -at a vese gyorsan tudja módosítani.

- A liquorban csak ez van.

- Izokarbonát körülmények
- Mivel  $[HCO_3^-]$  magas, a  $P_{CO_2}$  változása csak a pH-t módosítja.
  - $CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons HCO_3^- + H^+$
- pH és  $\log(P_{CO_2})$  lineáris összefüggésben áll.



# *Vérfehérjék, mint pufferek*

- **A vérben a  $H^+$  ionokat a hemoglobin és egyéb bázisos jellegű plazmafehérjék is megkötik.**
  - Ezért a szénsav keletkezése és disszociációja már a  $HCO_3^-$  koncentráció emelkedését is okozza.
  - A pH és  $\log(PCO_2)$  ez esetben is lineáris összefüggésben áll, de a puffervonal meredekebb. (A meredekség a fehérjebázisok és Hb koncentrációjától függ.)
- **A vérfehérjék (14-15% Hgb, 6-8% egyéb) pK-ja kb. azonos a vér pH-val - jó pufferek.**
- Foszfát alárendelt, kevés van belőle
- **Pufferbázis (BB) = a vérplazma és vörösvérsejt  $HCO_3^-$  koncentrációja + plazma fehérjebázis tartalma + a hemoglobin bázistartalma. (Bázistartalom: hány protont képes megkötni)**



# Respiratorikus alkalózis és acidózis

- A tüdő léghólyagocskáinak  $P_{CO_2}$  értéke a percenkénti  $CO_2$  termeléstől egyenesen, a kiszellőztetéstől fordítottan arányos.
- Az alveoláris érték és az artériás vér  $CO_2$  tartalma megegyezik.

- **respiratorikus acidosis:**

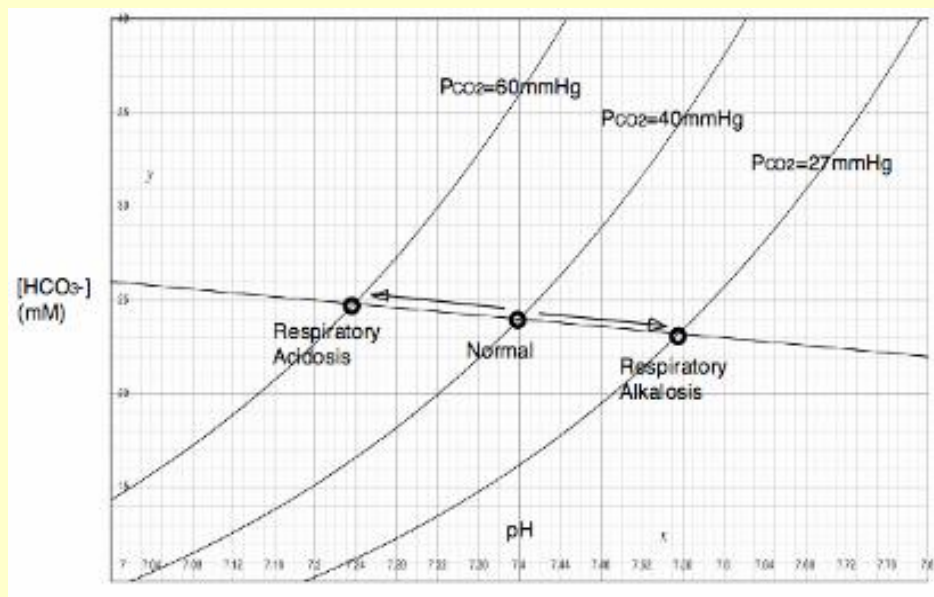
$$PCO_2 > 40 \text{ Hgmm}; \text{pH} \downarrow$$

- alveoláris ventiláció a  $CO_2$  termelődéséhez képest csökken.
- kompenzáció: vese  $H^+$  szekréció,  $HCO_3^-$  reabszorpció fokozódik

- **respiratorikus alkalosis:**

$$PCO_2 < 40 \text{ Hgmm}; \text{pH} \uparrow$$

- alveoláris ventiláció a  $CO_2$  termelődéséhez képest nő
- kompenzáció: vese  $H^+$  szekréció,  $HCO_3^-$  reabszorpció csökken

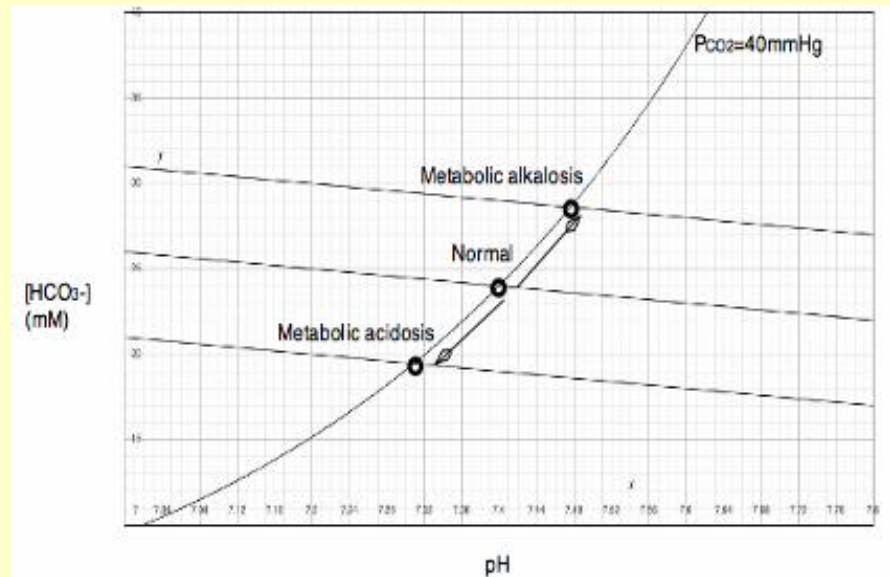


# *Metabolikus acidózis*

- **A pH változását metabolikus zavarok okozzák:**
  - **Acidózis:**
    - Vérbe kerülő savas anyagok - tejsav, acetecetsav (diabetes), foszforsav -koncentrációjának növekedése
    - Túlzott  $\text{HCO}_3^-$ - vesztes (hasmenés)
    - A vese  $\text{H}^+$  elimináló képességének csökkenése.
  
  - Ebben a folyamatban a BB érték csökken a vérben, hisz a keletkező  $\text{H}^+$  ionokat ezen bázisok kötik meg.
  - A BB változását a BE (bázistöbblet) értéke fejezi ki: Az a bázismennyiség, amit a vérhez kellene adni, hogy 40Hgm-en 7.4 legyen az oxigénnel telített vér pHja.
  - Negatív BE érték (-2,5 alatt) és a csökkent standard bikarbonát-szint a metabolikus eredetű acidózis jele.
- 
- **Kompensáció: hiperventilláció**

# Metabolikus alkalózis

- **Alkalózis** (ritkán lép fel):
  - hányásos HCl veszteség
  - túl sok szódabikarbóna fogyasztása



- Az acidosis és alkalosis a pufferkapacitás kimerülését követően fiziológias változásokat eredményez.
- A respiratórikus acidózist a vese, a metabolikus eredetűt a légzés kompenzálja.

# *Antikoagulánsok*

- **A plazmában keringő proteázinhibítorok (antitrombinok):**
  - minden szerin-proteázt (XIIa,IXa,VIIIa,XIa,Xa,IIa) gátol, komplexbe köti őket
  - **heparin** (hízósejtekből szabadul fel) az antitrombin- III-mal egyesülve hatékony trombingátló.
- **Cumarinok**
  - somkóróban találták, patkányméregként került forgalomba
  - K-vitamin antagonisták
  - A II,VII,IX,X faktorok szintézisét végző egyik májenzim koenzimje a K-vitamin
  - pl, acenocoumarol (*Syncumar*)
- **Hirudin:** az orvosi pióca nyálában található polipeptid
  - a trombinhoz kötődik és gátolja az enzimaktivitását
- **TAP:** kullancs antikoaguláns peptid, Xa gátló
- **Kelát-képzők:**
  - a  $Ca^{++}$  megkötése (EDTA, **Na-citrát**, ammonium-oxalát)

# Fehérvérsejtek

- **Granulociták**

- Karéjhozott sejtmag, citoplazmában szemcsék
- Szemcsék festődése után: neutrofil, eozinofil, bazofil
- Fagocitózis (mikrofágok),
- gyulladás, allergia

- **Monociták**

- Vese alakú sejtmag
- Fagocitózis (makrofágok)

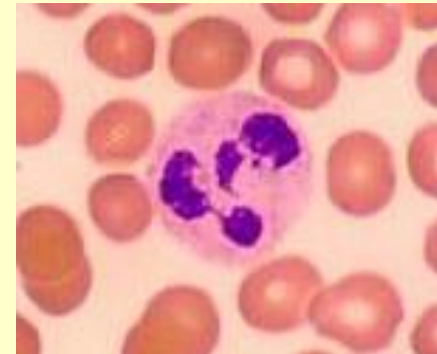
- **Limfociták**

- Kicsi kerek sejt, nagy kerek sejtmag
- Nyirokrendszerben, nyirokszervekben
- Funkció: Antigén-felismerés

	fvs %
Neutrofilek	48-82
Limfocita	18-44
Monocita	3-8
Eozinofilek	0-4
bazofilek	0-1

# *Neutrofil granulociták*

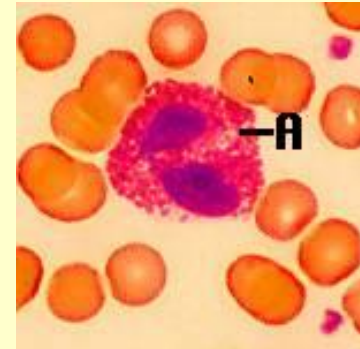
- 3-5 szegmens
- **Baktériumok fagocitózisa és elpusztítása.**
- **Litikus enzimek a neutrofil granulomokban:**
  - mieloperoxidáz ( $H_2O_2$ , HClO képzés)
  - szuperoxid-dizmutáz ( a szabad gyökök elpusztítják a baci)
- **Lizoszómák a citoplazmában:**
  - lizozim, elasztáz, kollagenáz,
  - proteáz, foszfatáz, lactoferrin,
  - alkalikus NADPH-oxidáz.
  - (bontják a baci sejtmembránját, és megemésztik azt)
- plazminogén, komplement aktiváló faktorok



# *Eozinofil granulociták*

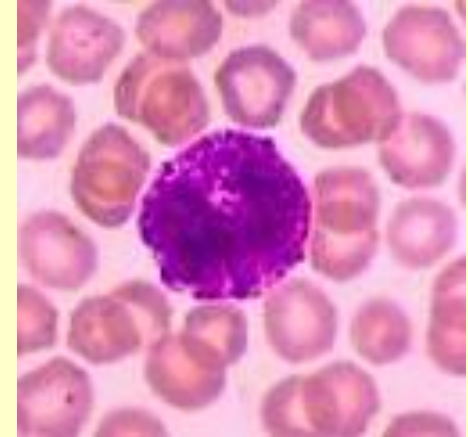
- 2 szegmens
- 6-12 napig a vérben, majd 6-12 napig a nyirokszervek, húgyutak, tápcsatorna nyálkahártyájában
- **Garnulumokban erősen bázisos fehérjék:**
  - „Major basic protein”: Erősen toxikusak a többsejtű parazitákra, egyben aktiválja a bazofileket is.
  - Ribonukleázok (antivírus hatás)
  - Peroxidáz (baciölő)
- **Egyéb szintézis:**
  - leukotriének, prosztaglandinok, növekedési faktorok, citokinek
- **Féregfertőzésekben és Allergiás reakciókban vesz részt**

Toxikus a légúti epithelsejtekre, a bronchusok simaizomzatára, és bizonyos tumorsejtekre.



# *Bazofil granulociták*

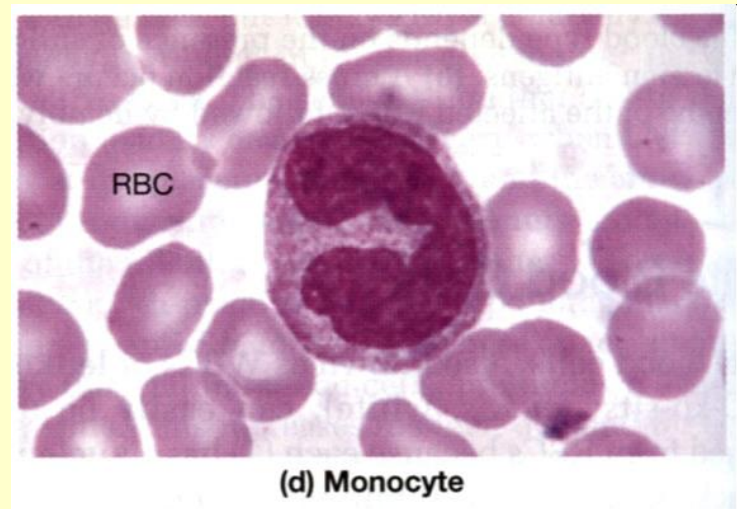
- Nem erősen szegmentált mag, de vannak behúzódnások
- **A bazofil granulomok fő alkotórészei**
  - Proteoglikánok (heparin, chondroitin)
  - **Hisztamin**
    - simaizomkontrakció,
    - vazodilatáció,
    - permeabilitás-fokozódás
  - Citokinek, leukotriének
  - Proteolitikus enzimek (komplement-aktiválás)
- A hízósejtekhez hasonlóak
- Nagy affinitású **IgE receptor**: antigén kötése hatására degranuláció
- **A helyi gyulladási reakció fokozása** (Calor, rubor, tumor et dolor)
- Hiperszenzitív reakciók (rhinitis, anafilaxiás sokk)





# Monociták 1.

- 15-20  $\mu\text{m}$ ,
- Szabálytalan alakú sejt, vese alakú mag
- Fagocitózis
- Antigén-prezentálás
- Szintézis:
  - Citokinek,
  - Gyulladás-mediátorok,
  - Pirogén anyagok.
  - Komplementenzimek,
  - Véralvadási faktorok szekréciója.
- Lizoszómák (proteolitikus enzimek)



# *Hízósejtek, dendritikus sejtek*

- **Dendritikus sejtek:**

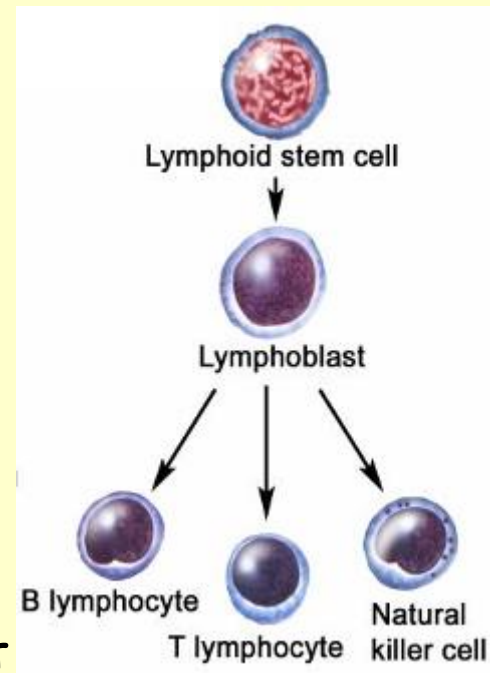
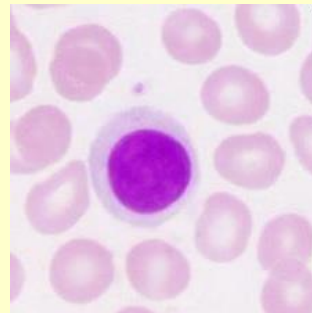
- Minden szerv kötőszövetében
- Bőrben Langerhans sejteknek nevezik.
- Fagocitózis után a legközelebbi nyirokcsomóba vándorolnak.
- Hatékony antigénprezentálás.

- **Hízósejtek:**

- Kötőszövetekben és nyálkahártyákban, a vérerek körül főleg
- Csontvelő eredetű, a bazofil granulocitához hasonlít:
  - Hisztamin és heparin granulumok, Szerinproteázok, prosztaglandinok, leukotriének, citokinek szintézise
  - IgE kötés, allergia, anafilaxia, autoimmun betegségek
- Sebgyógyulás, fertőzésvédelem
- Természetes immunitás: "pattern recognition receptors"

# Limfociták

- A nyirokrendszerben a leggyakoribbak
- Kicsi (5-11  $\mu\text{m}$ ), kerek sejt (NK nagyobb)
- nagy, kerek mag
- $T_H$ ,  $T_C$ , B, és NK sejtek
- Lymphoid szövetek:
  - Elsődleges: csontvelő, timusz
  - Másodlagos: lép, nyirokcsomók, SALT, MALT
  - MALT: nyálkahártya asszociált limfoid szövet
    - mandulák
    - Peyer plakkok a bélben
    - féregnyúlvány
    - M sejtek az nyálkahártya epitheliumban



# Az emberi nyirokrendszer

