

# Szabályozás

# Sejt szintű szabályozás

*Kompartmentalizáció:* egyes enzimreakciók külön rekeszekbe különülnek, eukariótákra jellemző, a kompartmentbe bejutást irányító transzporterek közvetve szabályozzák az itt lévő enzimeket

- előnyei:
  1. eltérő miliő biztosítása
  2. nem kell osztozni az enzimnek a citoszolban levő enzimekkel a szubsztráton
  3. egyéni enzimszabályozási lehetőség
  4. membránhoz kötött folyamatok (terminális oxidáció, citP450)
  5. lépcsőzetes rendszer: pl. fehérjék keletkezése: sejtmag – transzkripció  
RER – transzláció  
Golgi – módosítás

# Sejt szintű szabályozás

*Multienzim rendszerek:* kompartmentalizációs rekesznek tekinthető

- az intermedierek egyik enzim aktív helyéről a másikra transzportálódnak közvetlenül, így a hatékonyság nő és kisebb a hibalehetőség
- nagy lokális koncentráció érhető el lényegesen kisebb sejtre vonatkoztatott koncentráció mellett
- több enzim együttes, összerendezett szabályozása érhető így el
- példák: zsírsav-szintáz komplex, piruvát-dehidrogenáz

# Szöveti szintű szabályozás

- a sejt a távolabbi szövetekkel ill. önmagával állandó anyag-, információ-, energia áramlásban áll, mely autokrin, parakrin, endokrin, neurokrin módon valósul meg (integrált neuroendokrin szabályozás)
- az információkat a receptorain „felveszi”, integrálja, összegzi



szabályozza saját maga működését, ill. így tud a szervezettel összhangban, egységben működni

# Szöveti szintű szabályozás

Formái:

## 1. intracelluláris receptorokon:

- hosszú távú hatások (napok): lehetőség akkomodációra
- szteroid hormonok,  $T_3/T_4$
- sejtmag DNS-ben hormon-reszponzív elemek
- transzkripció szabályozása

## 2. sejtmembrán receptorokon:

- rövid távú hatások, pillanatnyi reguláció
- receptor: hét-transzmembrán fehérjék (metabotrop)  
egy-transzmembrán fehérjék - Tyr-kináz
- szignáltranszdukció: *G-fehérjék*  
*PIP<sub>2</sub> rendszer*  
*ras fehérjék*  
*Tyr-kinázok*

# Szervezeti szintű szabályozás

Követelmények:

- nyílt rendszer
- rendezettebb – alacsonyabb entrópiájú
- konzervatív
- hosszú távon is adaptációt biztosít – egyéni szinten is

Szabályozási szintek:

- génexpressziós
- kémiai:
  - enzimatikusan:  $K_M$ -típusú (foszforiláció) és  $V_{max}$ -típusú (új enzim szintézis)
  - szubsztrát szinten – amíg elsőrendű a folyamat
  - nem enzimatikusan – patológiás (glükolizáció, szabad gyökök)

# Szervezeti szintű szabályozás

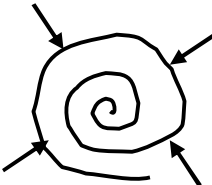
Biokémiai folyamatot szerveződési típusai:

• konszekutív:  $A \longrightarrow B \longrightarrow C \longrightarrow D$

• divergencia (anabolizmus):  $A \begin{matrix} \nearrow B \\ \searrow C \end{matrix}$

• konvergencia (katabolizmus):  $\begin{matrix} A \searrow \\ B \nearrow \end{matrix} C$

• shuntok: 

• ciklikus folyamatok: 

# Szervezeti szintű szabályozás

## Alkalmazkodás éhezésben:

- afferensek: gyomor falfeszülés csökkenés, gasztrointesztinális hormonok, alacsony vércukorszint
- központ: hipotalamusz magcsoportok
- efferensek:
  - hipotalamo-hipofizeális tengely:
    - ACTH-mellékvesekéreg: glükokortikoidok
    - TSH:  $T_3/T_4$
  - pancreas: glükagon termelés nő (vércukor)
    - inzulintermelés gátolt (vércukor, acetyl-kolin)
  - mellékvese: adrenalin, noradrenalin



# Szervezeti szintű szabályozás

- szövetek anyagcseréje éhezéskor:
  - MÁJ: 24h-ig májglükogén + glükoneogenezis + ketontestképzés
    - glükogenolízis: glükogén foszforiláz
    - glükoneogenezis: foszfofruktokináz II
    - glikolízis gátolt: foszfofruktokináz II
    - zsírsav oxidáció (zsírszövetből szabadzsírsav)
    - ketontestképzés (acetyl-CoA-t a citrátkör nem tudja felvenni)
  - ZSÍRSEJT: triglicerid bontás: hormonszenzitív lipáz
  - IZOM: glükogenolízis: foszforiláz
    - glikolízis: glükóz-6-foszfát felhasználása
    - fehérjebontás: alanin-ciklus májhoz (glükoplasztikus aminosavak)
- szövetek energia ellátása éhezéskor:
  - AGY: glükóz, ketontest (zsírsav véragy-gáton nem jut át)
  - SZÍVIZOM: zsírsav oxidáció, ketontest, glükóz
  - VÁZIZOM: glükogenolízis, fehérjebontás

# Szervezeti szintű szabályozás

## Alkalmazkodás fokozott táplálékbevitelnél:

- szabályoz: inzulin
  - MÁJ: glükogenezis
    - glükoneogenezis gátolt
    - glikolízis aktív
    - zsírsav szintézis
    - ketontestképzés gátolt (acetyl-CoA-t a citrátkör felveszi)
    - felépítő folyamatok aktívak
    - koleszterin képzés
    - biotranszformáció
  - ZSÍRSEJT: triglicerid szintézis
  - IZOM: glükogenezis
    - glikolízis
    - fehérjésintézis

# Szervezeti szintű szabályozás

## Alkalmazkodás stressz helyzetben:

- Canon-féle „fight or fly” vészreakció + Selye János stressz elmélet
- szabályozás:
  - mellékvese adrenalin, noradrenalin idegi úton  
glükoneogenezis + glükogenolízis  
szív: pozitív krono-, dromo-, batmo-, inotrop - tachycardia  
hörgő tágulat (tachypnoe)  
gastrointestinális traktus vérellátás gátolt  
pupilla tágulat  
izom vérellátás fokozása (krónikus stressznél vazospazmus)
  - hipotalamo-hipofizeális tengely: ACTH-mellékvesekéreg glükokortikoid  
adrenalin, noradrenalin hatás potenciálása  
glükoneogenezis  
enzim indukció  
gyulladásos folyamatok mérséklése

# Szervezeti szintű szabályozás

## Alkalmazkodás fizikai munkavégzésben:

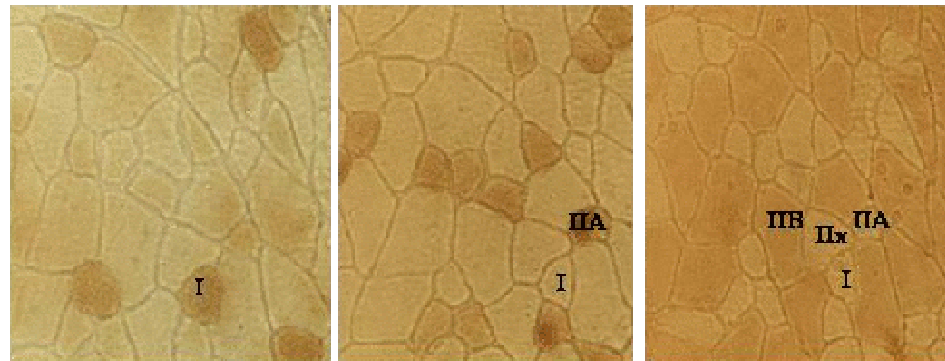
- „stressz”helyzettel járó folyamatok, később éhezési anyagcsere

### VÁZIZOM:

vörös izom (oxidatív rostok): jó vérellátás (erek beta 2-receptorok), sok mioglobin, glükogenolízis – glükolízis – aerob út

fehér izom (glükolitikus rostok): glükolízis – anaerob út

### A vázizomrost típusai (k.m., miozin-immunfestés)



**I: lassú-oxidatív**

**IIA: gyors-oxidatív**

**IIx, IIB: gyors-glikolitikus**

# Szervezeti szintű szabályozás

## Alkalmazkodás terhességben:

1. trimeszter:

corpus luteum gestationis: progeszteron: méh mucosa fenntartás  
(deciduális átalakulás)  
emlő tejmirigyek fejlődése

ösztrogén

FSH alacsony: nincs új tüsző érése

LH nő: laktációra felkészülés: emlőtejmirigy burjánzás

2. trimeszter:

placenta megjelenése, corpus luteum elsorvadása

ösztrogén, progeszteron termelés

Humán Placentáris Laktogén: GH hatású (gestációs diabétesz!)

3. trimeszter:

progeszteron szint leesése szüléskor

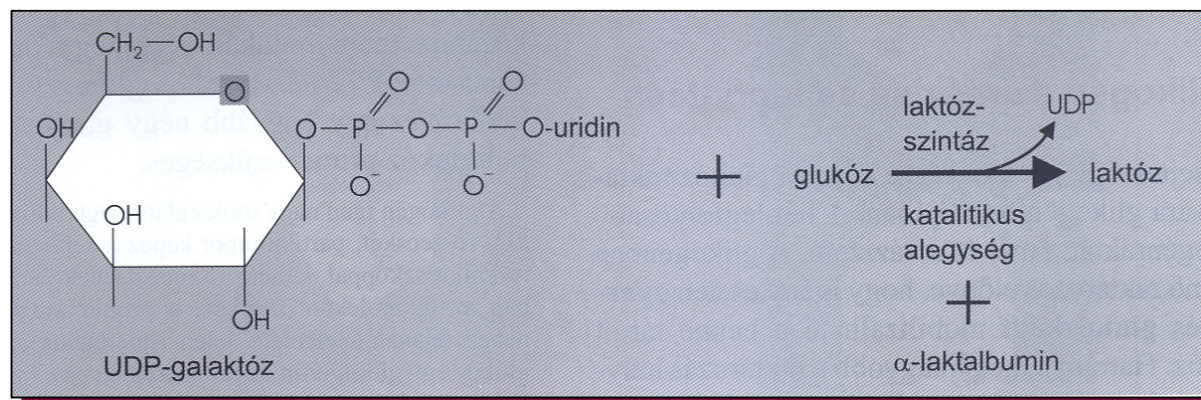
prostaglandinok: szülés megindítása, fenntartás (méhkontrakciók)

oxitocin (méhkontrakciók)

# Szervezeti szintű szabályozás

## Alkalmazkodás laktáció alatt:

LH magas: gátolt tüsszőérés  
emlő tejtermelés: laktóz-szintáz: LH hatására  $\alpha$ -laktalbumin szintézis, így laktóz-szintáz szubsztrátja glükóz (hiányában a szubsztrát N-acetil-glükózamin glükoproteinszintézis)



oxitocin: tejkilövellés tejmirigy-kivezetőcsövekből szoptatás során

# Szervezeti szintű szabályozás

## Adaptáció határai:

a változás amplitúdójától, frekvenciájától függ az adaptáció, azaz a változás erősségétől ill. milyen gyorsan következett be setpointhoz igazítás (a túllövések minimalizálása)

nagyon lassú változások az evolúciót mozdítják előre a szelekció révén adaptációs képesség csökkenés:

csecsemőkor: vér-agy-gát hiányzik  
máj biotranszformációs kapacitás fejletlen  
enzimek expressziója még nem teljes

időskor: setpoint körül nagyobb ingadozás adott hatásra  
paraszimpatikus tónus érzékenység nő  
szervek kapacitása csökkenőben (máj, szív)  
kóros anyagcseretermékek felhalmozódása  
víz-zsírtér arány csökken  
vérellátás romlik

# Szupraindividuális szabályozás

Egyének feletti szabályozás: közösségben valósul meg  
pl.: államalkotó hangyak közötti kommunikáció

Nagy környezeti változás esetén (meteor becsapódás) a legfejlettebb  
élőlények esetleg nem tudnak alkalmazkodni, kihalnak,  
fejletlenebbek élnek túl  
pl.: nukleáris katasztrófa esetén emlősökhöz képest az  
ízeltlábúak előnyös helyzetben vannak



# Szupraindividuális szabályozás

## Egészség-betegség biokémiai értelmezése:

egészség:

- a szervezet enzimei tökéletes egységben működnek
- a szabályzás összehangolt – egyensúlyban áll
- az entrópia növekedést jól kivédi a szervezet
- a külső és belső változásokhoz megfelelően adaptálódik

betegség:

- az egyensúlyból pillanatnyilag kimozdult rendszer adaptációs zavara
- halál: exergon, entropia növekedés irányába tart  
endergon folyamatok megszűnnek  
egy folyamat, nem időpont