

A tápcsatorna felépítése és működésének szabályozása

Táplákozás - anyagcsere

- tápanyagbevitel az aktuális szükségletnek megfelelően
 - ✓ test felépítése
 - ✓ energiaszükséglet fedezete
- a sejtek csak kémiai energiát képesek felhasználni, amelyet a tápanyagok biztosítanak:
 - fehérjék
 - zsírok (lipidek)
 - szénhidrátok
- a sejtek felépítéséhez és működéséhez további anyagok is szükségesek:
 - ✓ nukleinsavak
 - ✓ vitaminok
 - ✓ ionok

Anyag- és energiaforgalom

- metabolizmus: anyag- és energiaátalakulások összessége egy biológiai rendszerben
- katabolizmus: sejten belüli anyaglebontás oxidációs folyamatokkal, közben az anyagban tárolt kémiai energia felszabadul
 - az energia jelentős része hő formájában szabadul fel
 - az energia munkavégzésre fordítódik
 - a) külső munka: vázizmokkal, a külső környezet erői ellenében
 - b) belső munka:
 - 1) belső mechanikai munka: pl. vér keringetése, légzőmozgások, simaizmok működtetése a bélrendszerben
 - 2) ozmotikus munka: IC és EC tér közti koncentrációkülönbségek fenntartása
 - 3) elektromos munka: membránpotenciál fenntartása
 - 4) kémiai munka: saját molekulák felépítése
- anabolizmus: egyszerűbb vegyületekből összetettebb vegyületek keletkeznek, a szükséges energiát a katabolikus folyamatok biztosítják
 - ❖ növekedés, raktározás
 - ❖ energiatárolás

A szervezet energiamérlege

- a szervezet termodinamikai gép:
 - táplálékkal energiafelvétel → energia részleges átalakítása → energia leadása a környezetnek (hő + külső munka)
 - energiamegmaradás alapelve
- metabolikus ráta: energiafelvétel- és leadás viszonya

$$\frac{E_T}{\Delta t} = \frac{E_H}{\Delta t} + \frac{E_M}{\Delta t} + \frac{\Delta E_R}{\Delta t} \quad \text{ahol: } \begin{array}{l} T - \text{táplálék} \\ H - \text{hő} \\ M - \text{külső munka} \\ R - \text{raktárak} \end{array}$$

- energiamérleg egyensúlyban: $\frac{\Delta E_R}{\Delta t} = 0$ (csak átmeneti)
- táplálékfelvétel ciklusos → tápanyag felszívódásakor a mérleg pozitív, posztabszorptív fázisban (felszívódás után) negatív
- teljes testi nyugalom (bazális állapot): $\frac{E_H}{\Delta t} = -\frac{\Delta E_R}{\Delta t}$
- táplálékfelvételt tehát úgy kell beállítani, hogy:
 - ✓ a testtömeg hosszú távon stabil legyen
 - ✓ a következményes hőtermelés és hőleadás olyan egyensúlyban legyen, hogy az állandó testhőmérséklet (homoiotermia) fenntartható legyen

A szervezetünk egy napi tápanyagigénye

Kategóriák	Kalória	Fehérje	Állati fehérje	Zsíradék	Szénhidrát	Mész	Foszfor	Vas
	kcal	g	g	g	g	mg	mg	mg
Ülőfoglalkozásúak	2600	100	75	85	370	500	600	12
Munkát végzők	3500	110	90	100	420	800	600	12
Nehéz munkát végzők	4500	130	120	140	620	800	600	12

(Középkorú férfiak)

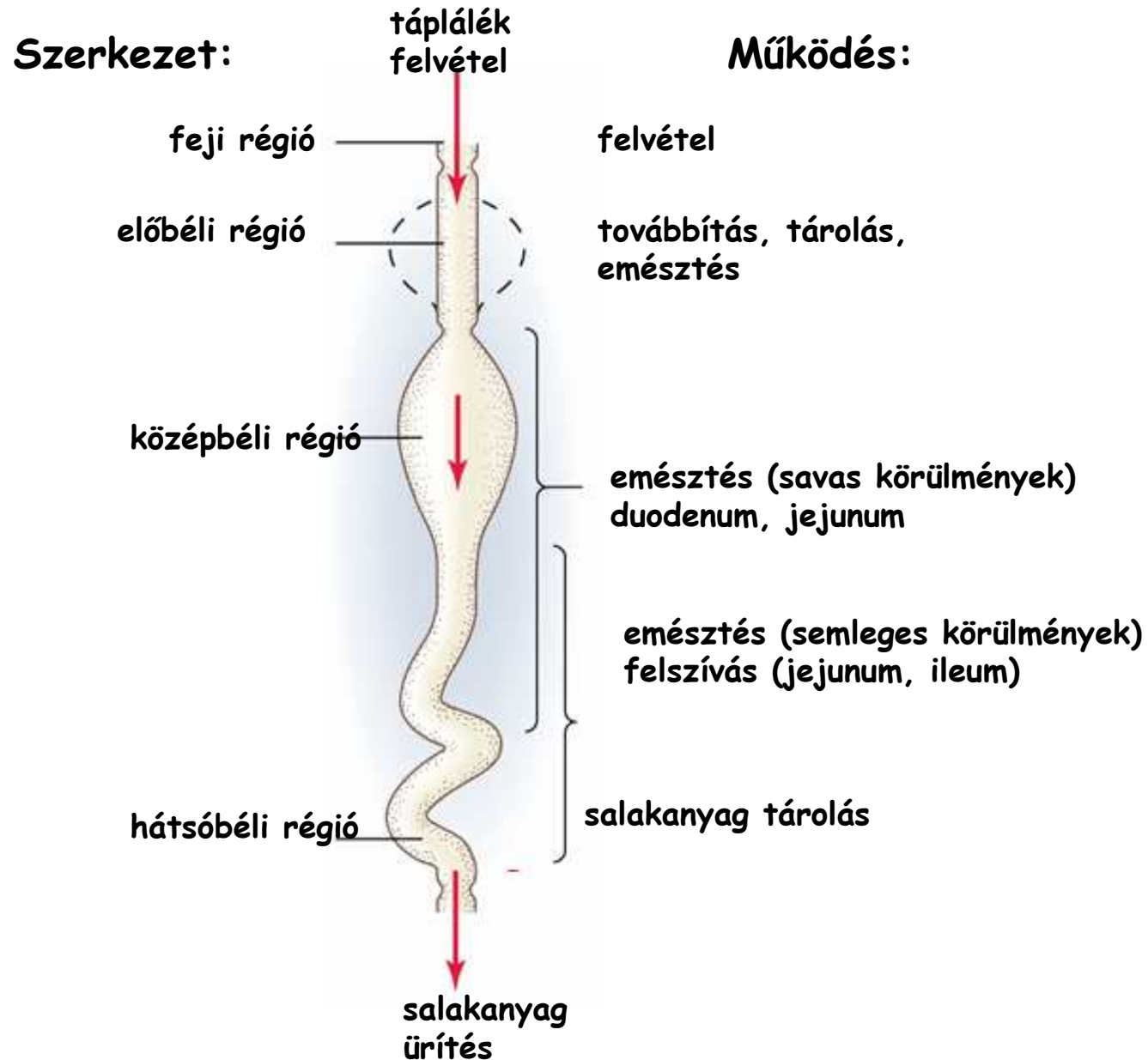
energiaforgalom meghatározása: kalorimetria

I. direkt kalorimetria: a szervezet hőleadását mérik

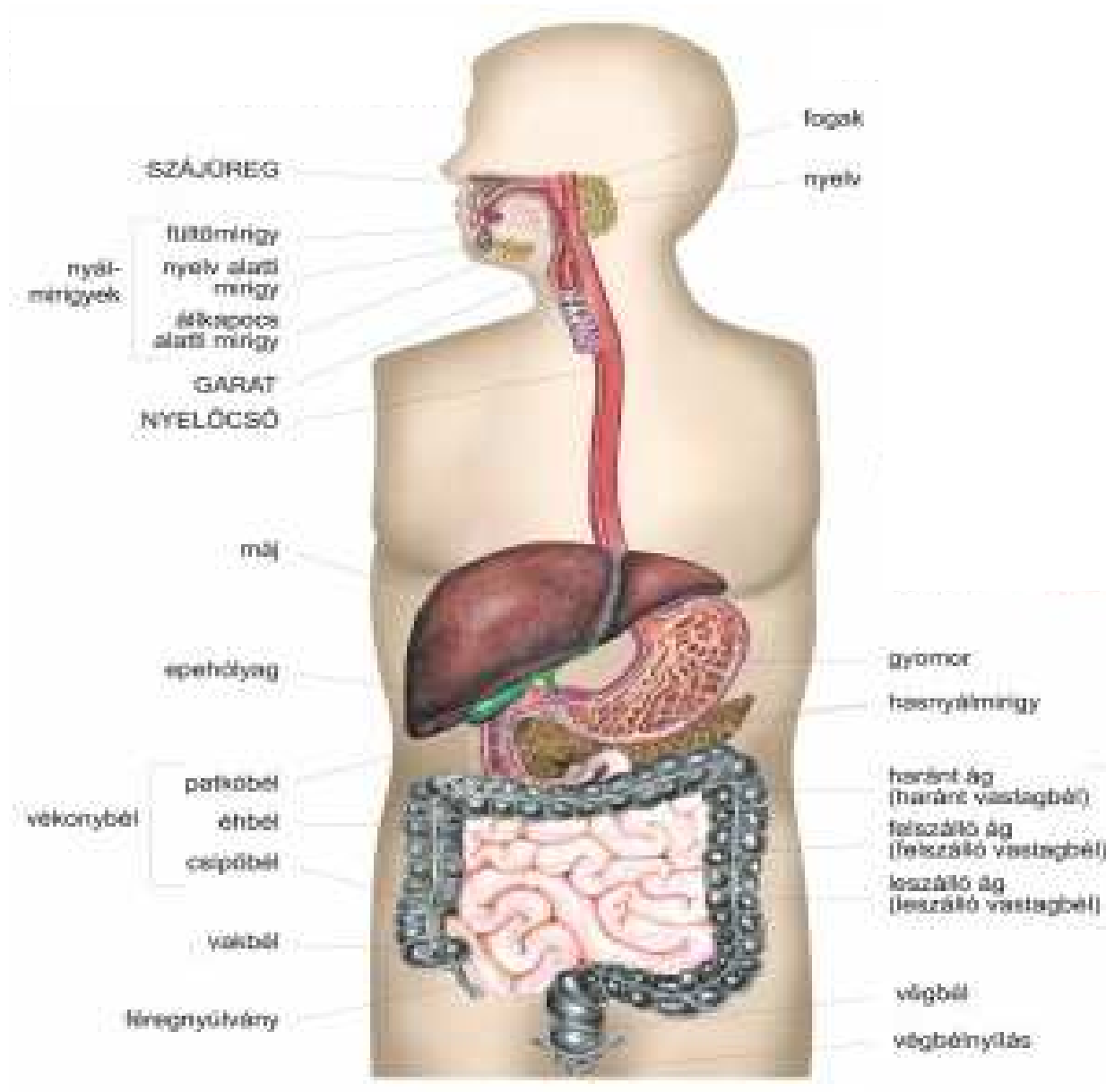
II. indirekt kalorimetria: oxigénfogyasztást mérik → hőtermelést meghatározzák → milyen tápanyagból mennyit égetett el a szervezet (+CO₂-termelés és nitrogénürítés mérése a vizeletből)

alap energiaforgalom - alapanyagcsere

A tápcsatorna általános felépítése



Az emberi tápcsatorna felépítése



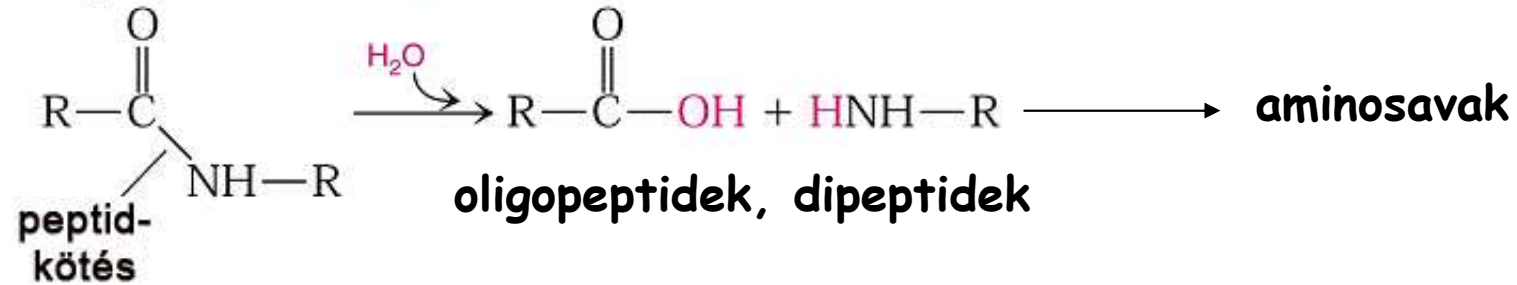
Az emésztőnedvek termelése

lokalizáció	emésztő- nedv	napi mennyiség (liter)	pH	összetétel*	
szájüreg					
nyelőcső	nyálmirigy	nyál	1+	6.5	amiláz, (lipáz), ionok
	gyomor	gyomornedv	1–3	1.5	pepszinogén, HCl, intrinsic faktor, (lipáz)
	hasnyálmirigy	hasnyál	1	7–8	(kimo)tripszinogén, prokarboxi-peptidáz, proelasztáz, lipáz, amiláz, nukleázok, tripszin inhibitor
epe- hólyag		epe	1	7–8	zsírok és zsírsavak, epesavak, epefestékek, koleszterin
Jejunum		vékonybél- nedv	1	7–8	dextrináz, maltáz, laktáz, szukráz, lipáz, peptidáz, nukleáz, foszfatáz, enterokináz
Duodenum					
Ileum					
vakbél					
vastagbél					
végbélnyílás					

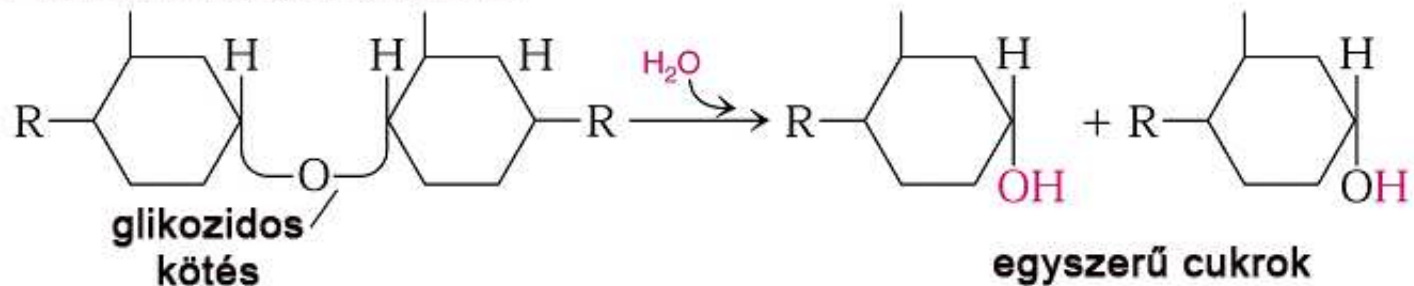
* hormonok, nyálka (mucin) és víz nélkül; ezek a szekrétaum akár 95%-t is kitehetik

A főbb tápanyagmolekulák szerkezete

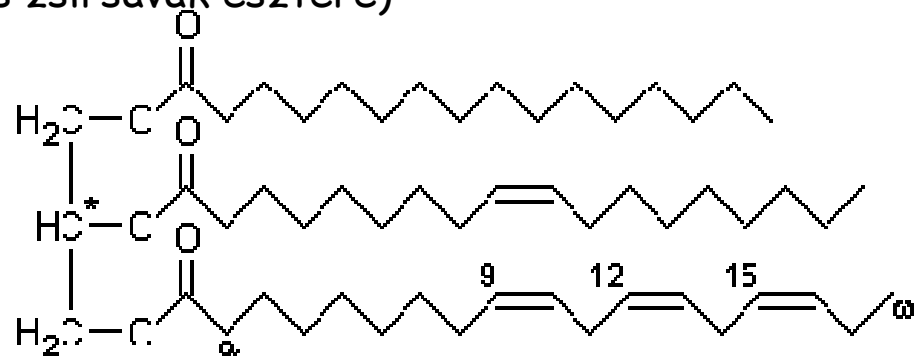
Polipeptid hidrolízis



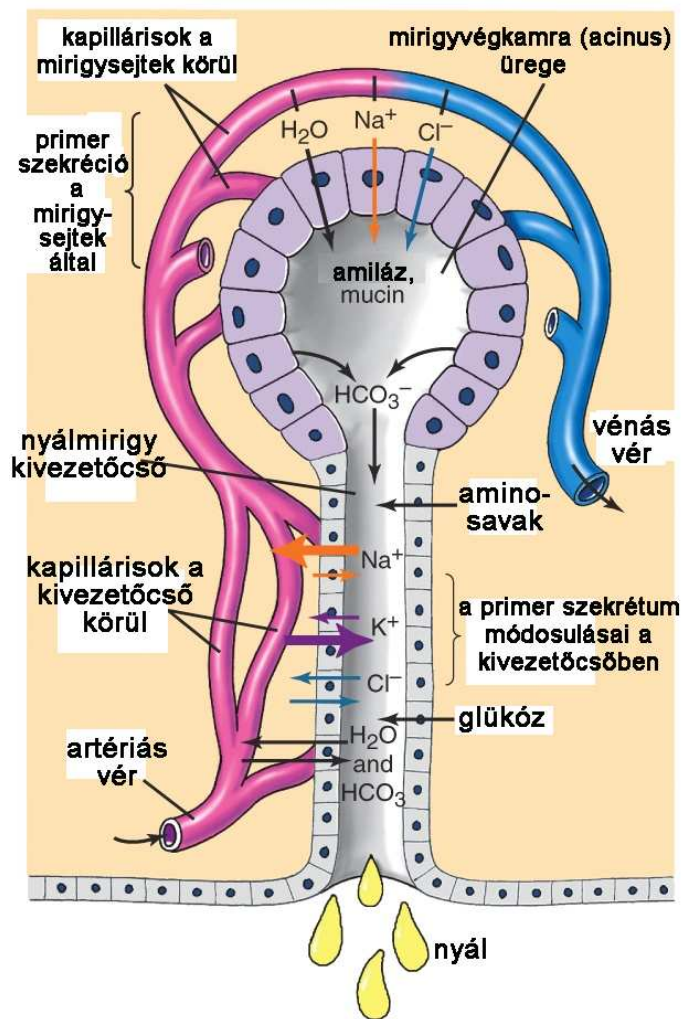
Poliszacharid hidrolízis



Triglicerid (glicerín és zsírsavak észtere)



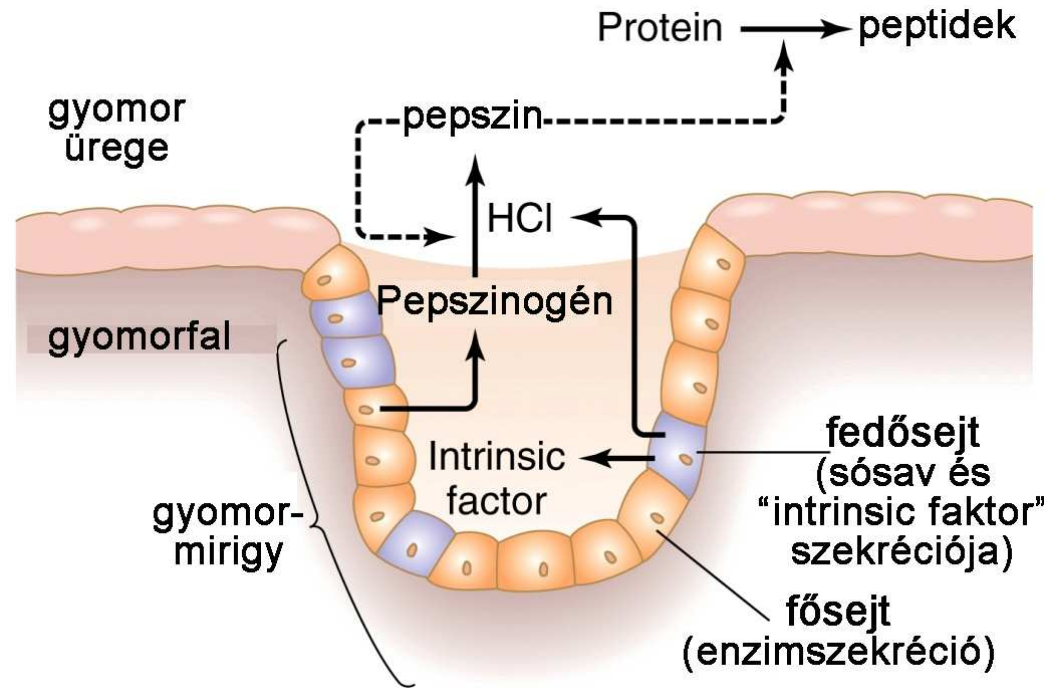
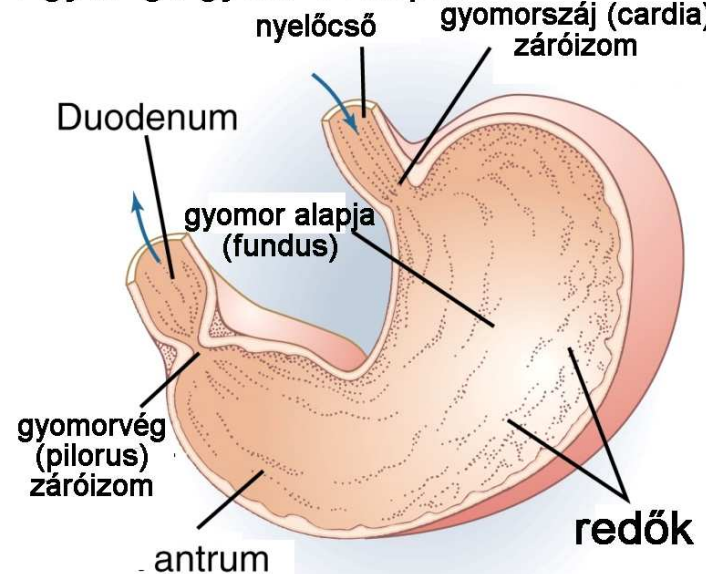
A nyálmirigy működése



- 3 pár nagy nyálmirigy + sok kis nyálmirigy a szájüreg nyálkahártyájában
- hipozmotikus szekrétum
- nyál funkciói:
 - ✓ szájüreg nedvesen tartása
 - ✓ kiszáradás → nyálszekréció csökken → szomjúság
 - ✓ szájüreg öblítése, kimosása, mikroorganizmusok felhígítása
 - ✓ fertőtlenítő hatás (**lizozim és IgA** tartalom)
 - ✓ védő bevonat a fogakon (**kalcium-kötő fehérjék**)
 - ✓ artikulált beszéd
 - ✓ táplálék lenyelését megkönnyíti (**mucinok** szerepe)
 - ✓ poliszacharidok bontása (**amiláz** szerepe)
- nyál termelése:
 - ❖ **szerózus sejtek:**
 - ✓ amiláz + izozmotikus elektrolitoldat elválasztása
 - ❖ **mucinózus sejtek:**
 - ✓ mucin + kevés folyadék elválasztása
 - ❖ **kivezetőcsövecskék sejtjei:**
 - ✓ primer szekrétumból Na⁺ és Cl⁻ visszaszívása
 - ✓ sejtek között szoros kapcsolatok → víz nem megy az ionokkal → hipozmotikus a nyál
 - ✓ K⁺ szekréció

A gyomor felépítése, gyomornedvtermelés

Együregű gyomor felépítése



Gyomornedv:

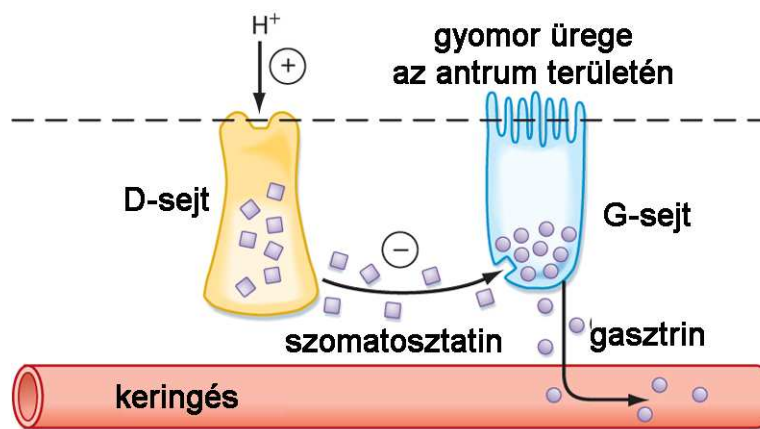
- a gyomormirigyek erősen savas szekrétuma; izozmotikus
- a savas kémhatás funkciói:
 - ✓ pepszinek számára megfelelő kémhatás
 - ✓ táplálék kötőszövet denaturálása → gyomor könnyebben „örli” a táplálékot
 - ✓ mikroorganizmusok elpusztítása → a duodenum már steril
- **fősejtek**: enzimek (**pepszinek**) termelése
- **fedősejtek**: sósav (H^+ és Cl^-) és **intrinsic faktor** termelése

G-sejtek: antrumban; endokrin funkció, **gasztrint** termelnek

D-sejtek: antrumban; endokrin funkció, **szomatosztatint** termelnek

Az emésztőnedvek termelésének hormonális/parakrin szabályozása I.

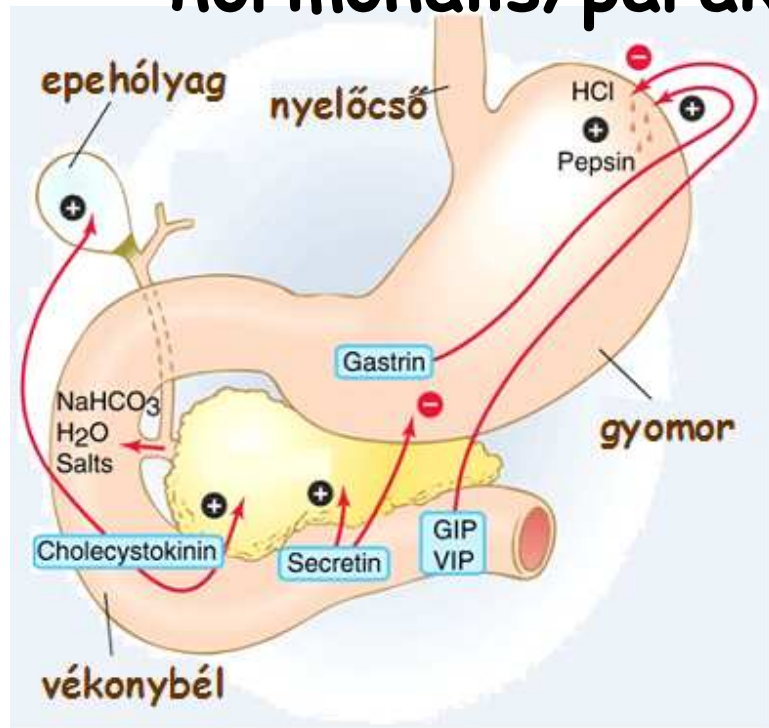
- a hormontermelő sejtek közvetlenül érzékelik a béltartalom/gyomortartalom pH-ját és összetételét („egysejtes mirigyek”)



G-sejt

- ❖ integrátor: apicalis részén érzékeli a gyomor üregének kémiai összetételét → aminosavak és aminok (ammónia) jelenléte → gasztrin felszabadul az erekbe
- ❖ **gasztrin-felszabadító peptid (GRP)** szerepe: nervus vagus aktiválja a GRP-tartalmú neuront → G-sejt aktiváció → gasztrin felszabadulás
- ❖ **szomatosztatin a G-sejtből:**
 - negatív visszacsatolás: gasztrin fokozza a sósav-szekréciót → gyomor üreg pH-ja csökken (pH = 2,5-3) → szomatosztatin-felszabadulás → gasztrin-felszabadulás gátlása

Az emésztőnedvek termelésének hormonális/parakrin szabályozása II.



VIP (vasoactive intestinalis polipeptid)

- enteroendokrin sejtek termelik a vékonybélben
- gyomornedvelválasztás gátlása, bélkeringés fokozása

GIP (gastric inhibiting peptid):

- GIP sejtek a duodenumban
- glükóz és zsírok hatására szabadul fel
- gyomornedvelválasztás gátlása, gyomorürülés gátlása

Hisztamin:

- hízósejtekben (enterokromaffin típusú sejtekben)
- parakrin felszabadulás: a környezetében lévő fedősejteket izgatja → sósav szekréció fokozódik

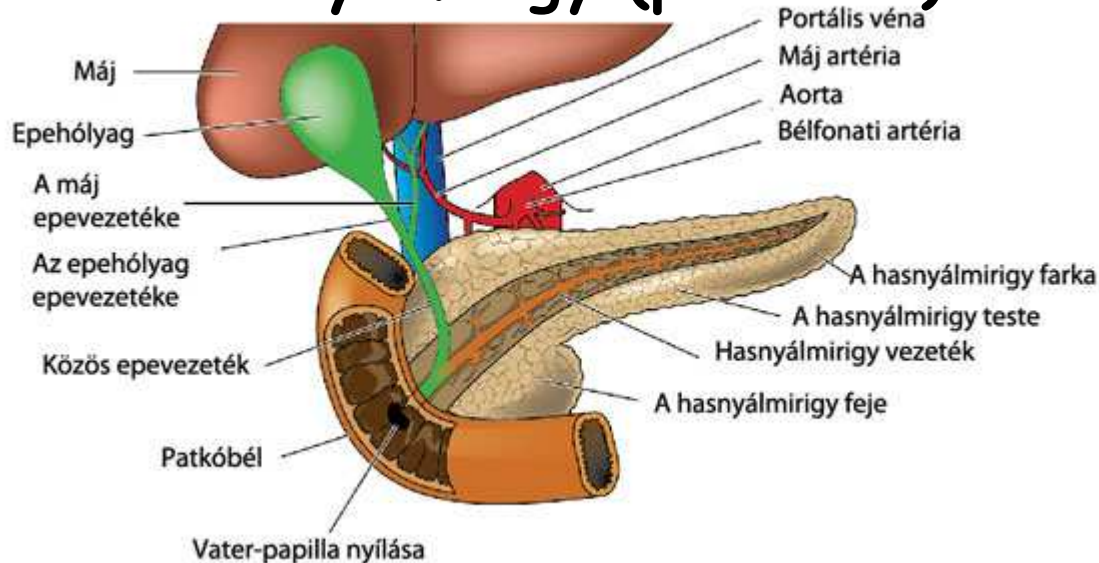
kolecisztokinin (CCK):

- ❖ CCK-termelő sejtek (I-sejtek) a duodenumban és a vékonybél felső szakaszán
- ❖ bél üregében aminosavak és zsírsavak → CCK felszabadul → hasnyálmirigy enzimválasztás fokozása, epehólyag ürülése, inzulinszekréció fokozása

szekretin:

- szekretin-termelő sejtek (S-sejtek) a duodenumban
- hasnyálmirigy HCO_3^- és folyadékkelválasztás fokozása, gyomorsavtermelés gátlása

Hasnyálmirigy (pancreas) szekréción működése



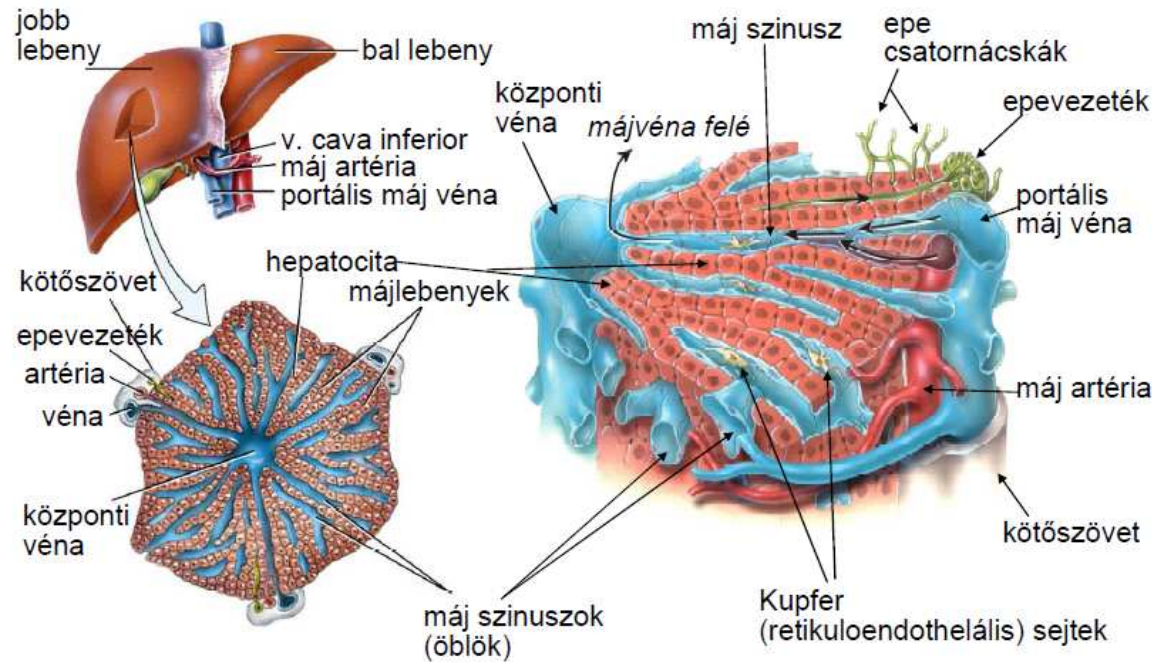
Endokrin szekréción:

- ❖ pancreas 10 %-a
- ❖ hormonok termelése: **inzulin, glukagon** → szénhidrát-anyagcsere szabályozása

Exokrin szekréción: pancreas 90 %-a

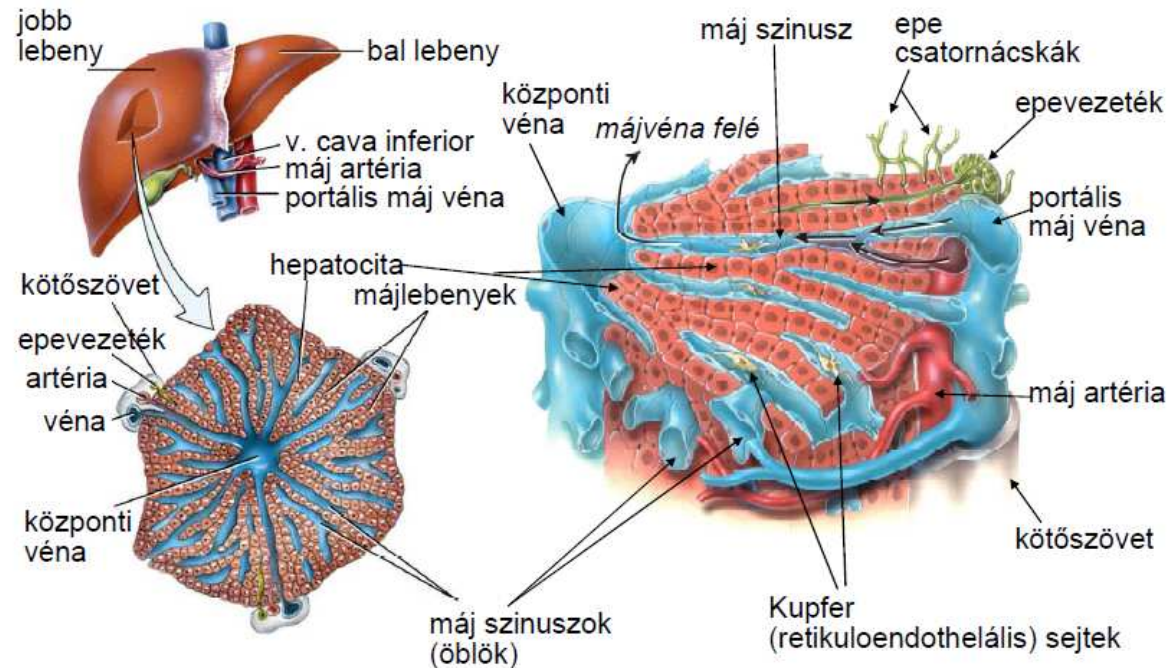
- hasnyál: 200-700 ml/nap
 - emésztő enzimek termelése:
 - ✓ tripszinogén (inaktív)
 - ✓ kimotripszinogén (inaktív)
 - ✓ proelasztáz (inaktív)
 - ✓ lipáz
 - ✓ alfa-amiláz
 - ✓ ribonukleáz (RNáz)
 - ✓ dezoxiribonukleáz (DNáz)
- } csak a duodenum üregében aktiválódnak enteropeptidáz hatására
- hidrokarbonát a gyomorsósav semlegesítésére
 - szabályozó fehérjék termelése: tripszin-inhibitor → idő előtti enzimaktiválódás ne károsítsa a szövetet
 - a mirigyvégkamrákba a mirigysejtek szekrétuma tömény fehérjeoldatként kerül
 - a kivezetőcsövecskék sejtjei higítanak: nagy térfogatú, lúgos szekrétum (sok HCO_3^-)

Máj vérellátása



- kettős vérellátás
 - 1) **arteria hepatica** (vérellátás kb. 25 %-a; állandó mértékű)
 - 2) **vena portae hepatis**: vérellátás 66-75 %-a
 - hasi zsigerekből, gyomor-bél csatornából, hasnyálmirigyből és lépből jövő vénák egyesüléséből
 - táplálkozásakor megnő a véráramlás
- vena portae másodszor is kapillárisokra ágazik (→szinuszoidok) → portális keringés
- arteria hepatica artériás és a vena portae vénás vére a májsejtek közti szinuszokban keveredik és a májvénákon keresztül kerül vissza az üres vénába

Máj felépítése



- máj parenchimasejtjei módosult hámsejtek, a vénás öblök (szinuszoidok) között helyezkednek el
- a vénás öblöket fenestrált endotélium határolja → májsejtek közvetlen kapcsolatban a vérplazma fehérjéivel
- két májsejt között epecsatornácska
- szinuszoidból felveszik az anyagokat → átalakítás → epecsatornácskába kiválasztás
- epecsatornácskák összeszedődnek → ductus hepaticuson és ductus choledochuson keresztül az epe az epehólyagban gyűlik össze → koncentráció → napi 3 ürülés a duodenumba (20-30 ml/ürülés)

A máj működése

máj 1500g szerv, napi kb. 600 ml epe termelése

1) digestív, szekréciós funkció:

- epesavas sók, foszfolipidek kiválasztása

2) nem digestív, exkréciós funkció:

- epefesték (bilirubin) kiválasztása
- koleszterin kiválasztása
- részben már átalakított hormonok kiválasztása
- toxikus anyagok kiválasztása
- gyógyszerek kiválasztása
- nehézfémek kiválasztása (pl. réz)

epe szekréciója:

• parenchimasejtek:

- epesavas sók
- koleszterin
- foszfolipidek
- epefesték
- idegen anyagok

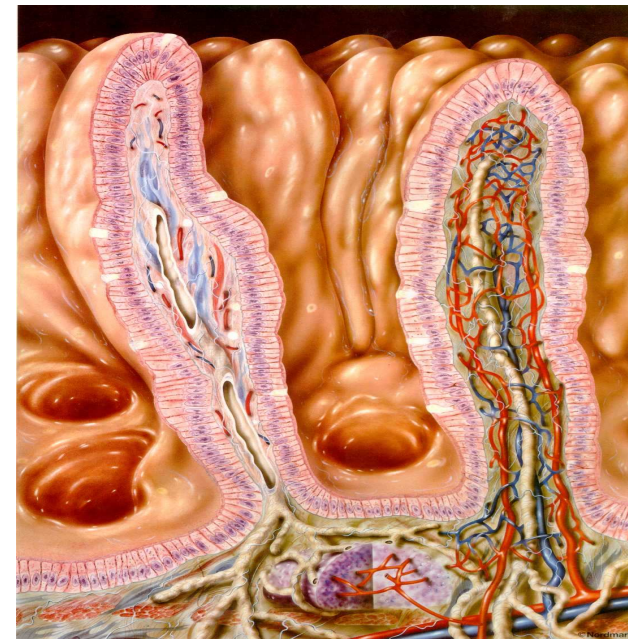
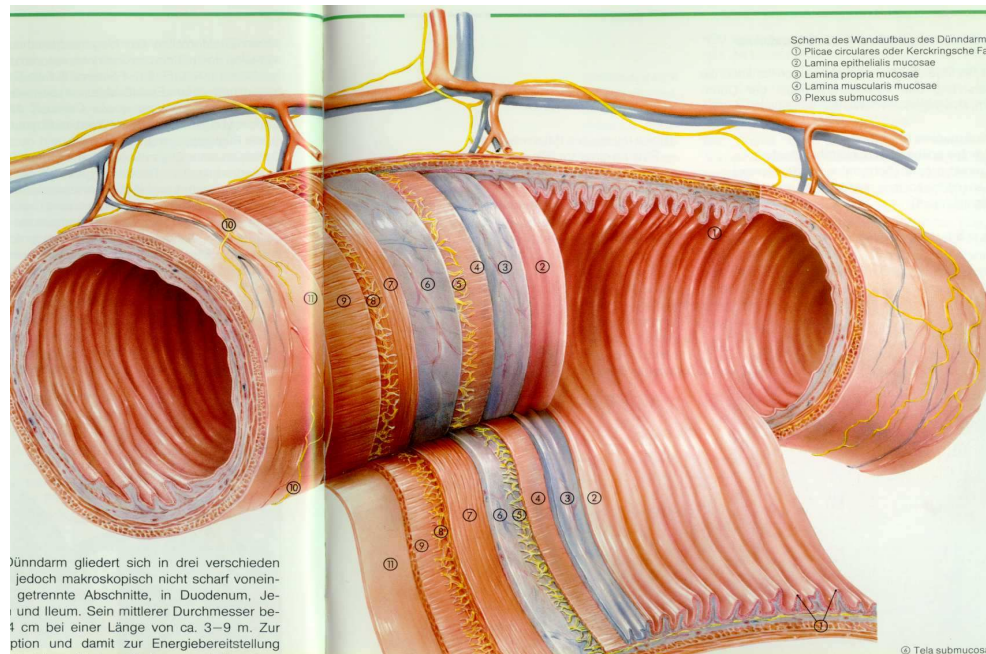
• epecsatornákat bélelő hámsejtek:

- ❖ elektolitoldat szekréciója (HCO_3^- ; szekretinrel stimulálható)

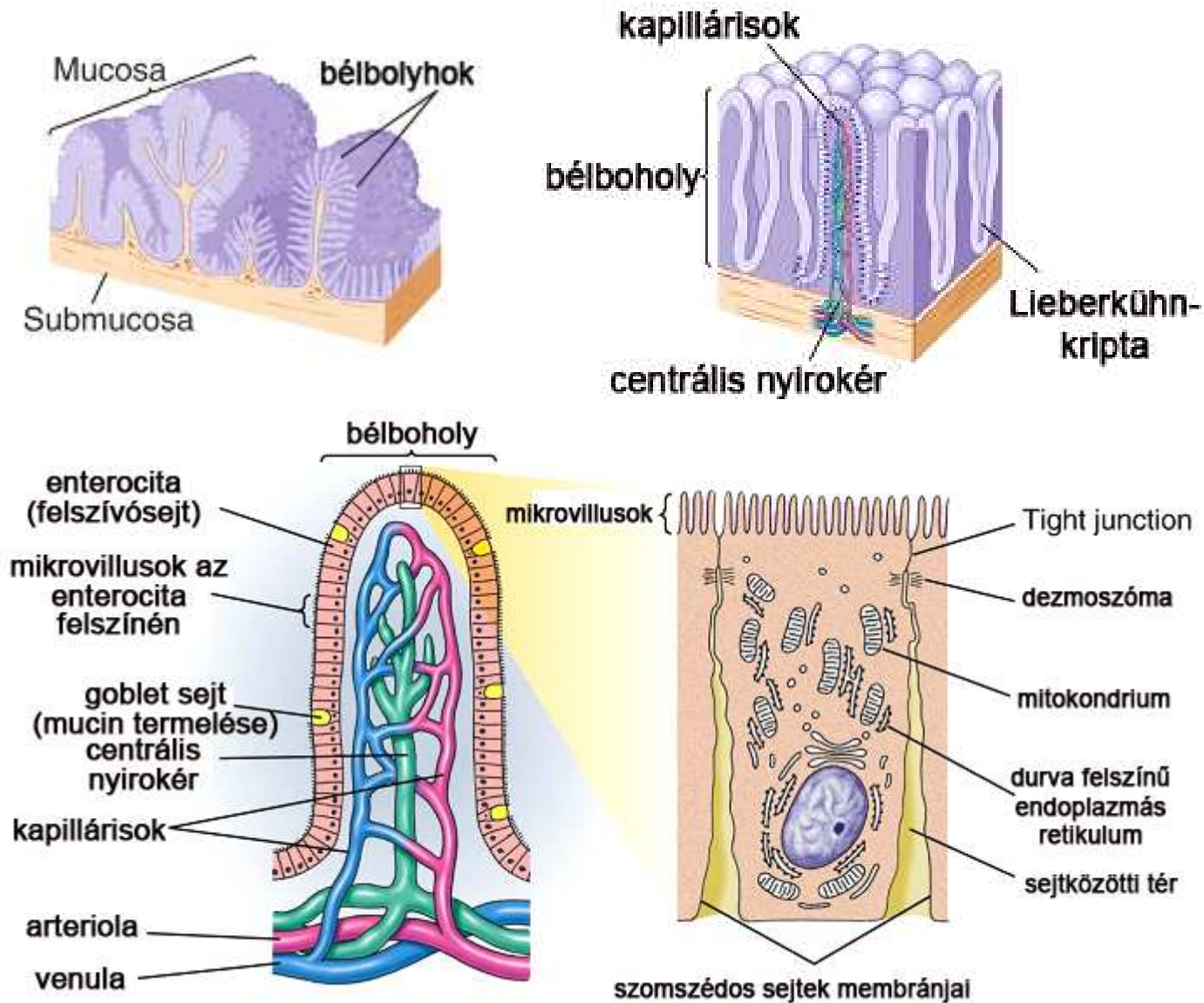
raktározás: glikogén

Vékonybél szövettana

- hámréteg- bolyhok → felszívás
- kötőszövetes réteg
- ideghálózat (Meissner- és Auerbach-fonatok → enteralis vagy bélidegrendszer))
- izomréteg (belső körkörös, külső hosszanti)
- külső savós hártya (kötőszövet)



A vékonybél felszívó működése



A bélbolyhok felépítése és működése

- Lieberkühn-kripták mélyén lévő sejtek: izozmotikus elektrolitoldat szekréciója → hígítás
- kripták mélyén őssejtek → az egymást követő osztódásokkal a sejtek a bélboholy csúcsa felé mozognak
- enterociták:
 - tápanyagok felszívása
 - elektrolitoldat reabszorpciója
- kapillárisok endotélje alatti alaphártya nagyobb anyagokra (pl. lipoproteinek) nem átjárható
- nagyobb anyagok a centrális nyirokérbe tudnak bejutni
- simaizomsejtek a bolyhok hossz tengelyével párhuzamosan
- boholy összehúzódása: az érhálózat tartalma kiürül
- felszívás alatt a bolyhok ritmikusan összehúzódnak és ellazulnak

Lebontás és felszívás a vékonybélben 1.

• Keményítő:

- amiláz a nyálban is van, már a szájüregben elkezdődik a lebontás
- hasnyálmirigy amiláz (bélüregben) folytatja a bontást maltózzá, maltotriózzá és határdextrinekké
- aztán sejtfelszíni bontás maltázzal, izomaltázzal és határdextrinázzal glükózmolekulákra
- a glükózt a citoplazmába Na^+ -glükóz kotranszporter veszi fel
- a glükózt a vérbe GLUT-2 transzporter juttatja

• Laktóz, szacharóz:

- sejtfelszíni laktáz ill. invertáz bontja (genetikai hiány: laktóz-intolerancia)
- a galaktózt a Na^+ /glükóz kotranszporter igen gyorsan felveszi
- a fruktóz GLUT-5 transzporterrel jut lassan a citoplazmába, majd a vérbe

Lebontás és felszívás a vékonybélben 2.

- Lipidek:

- epesavas sók és foszfolipidek segítségével micellákat alkotnak
- a lipázok a micellák felszínén hatnak, a két szélső zsírsavat hasítják le, a végtermékek is a micellákban maradnak
- az enterociták felszínén a vizes fázis savasabb kémhatású, a micellákból kikerülő zsírsavak protonálódnak → szabadon be tudnak diffundálni be a sejtbe
- a zsírban oldódó A, D, K és E vitaminok is a micellákban kötődnek és onnan szabadon diffundálnak a sejtbe
- a zsírsavak a sejt belsejében azonnal fehérjékhez kötődnek, és a zsírok újraszintetizálódnak
- a zsírok végül lipoproteinek formájában kerülnek ki az enterocitákból → nyirokereken keresztül végül a vérkeringésbe kerülnek

Lebontás és felszívás a vékonybélben 3.

- Fehérjék:

- pepszin, tripszin, kimotriszin és elasztáz endopeptidázok (fehérjelánc belüli peptidkötéseket hasítanak)
- karboxipeptidáz A és B exopeptidáz (fehérjelánc végén lévő peptidkötéseket hasítanak)
- végeredmény: kevés aminosav és di- és tripeptidek.
- membránpeptidázok tovább bontanak aminosavakra di- és tripeptidekre
- az aminosavak a sejtbe főleg csoportspecifikus Na^+ /aminosav kotranszporterekkel kerülnek, emellett aminosav uniporterek is vannak

- Na^+ :

- főleg a kotranszporterekkel kapcsolatosan (+ $\text{Na}^+/\text{PO}_4^{2-}$ kotranszporter, Na^+/H^+ antiporter és a Na^+ -csatorna).
- felszívódását paracelluláris kloridion- és vízmozgás kíséri

- Vas:

- a vékonybélből a hem-vas szívódik fel jobban, és kétszer annyi Fe^{2+} mint Fe^{3+}
- a C-vitamin már a bélben redukálja a vasat, ezzel növeli a felszívódását

- Kalcium: lásd majd Hormonok

Felszívás a vastagbélben

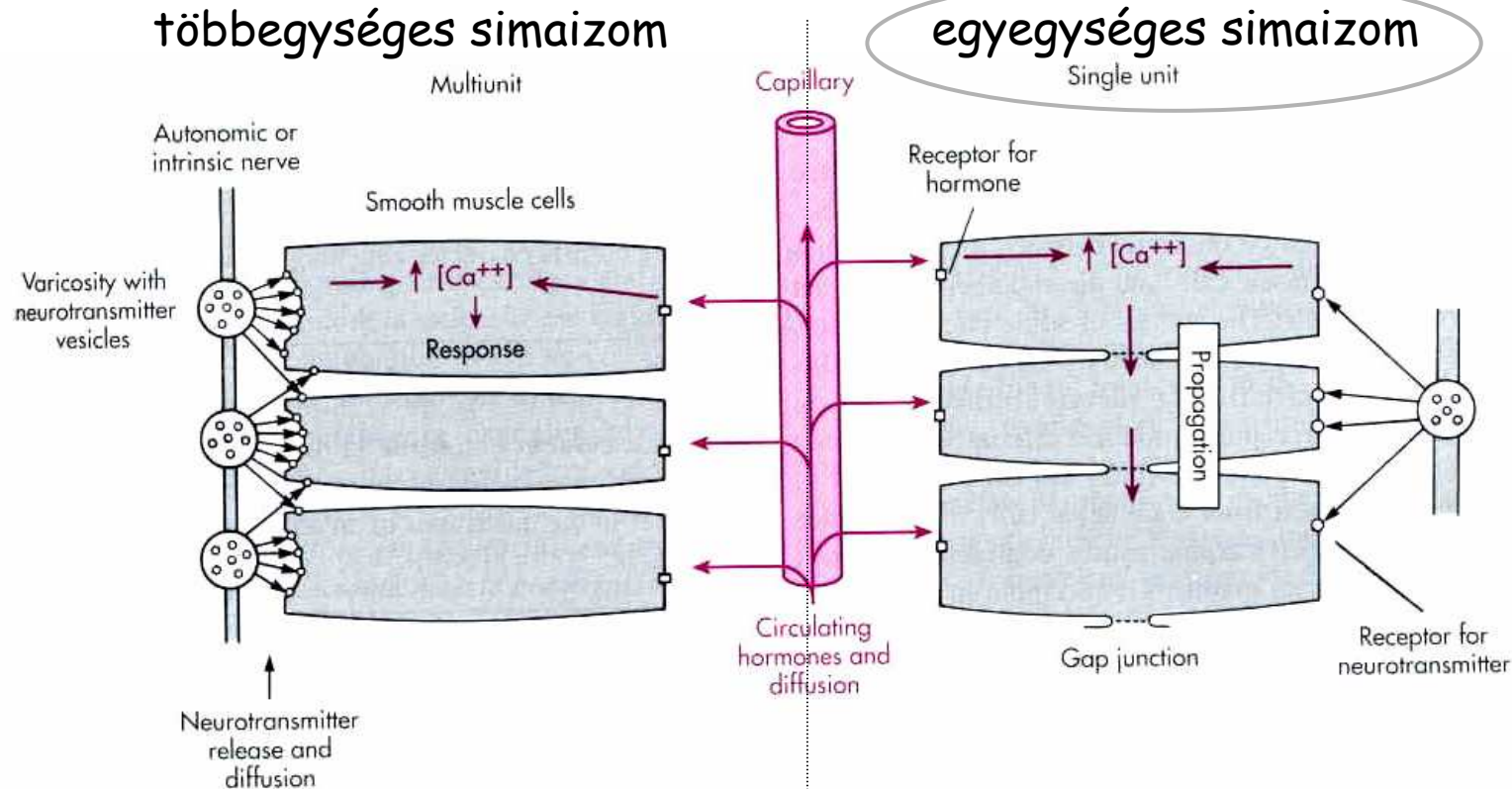
- a vastagbélbe jutó béltartalom víztartalmának 90 %-a visszaszívódik, a széklettel csak 100-200 ml víz ürül
- a hámsejtek között szoros kapcsolat
- a Na^+ csatornák száma a hámsejtek felszínén aldoszteron által szabályozott
- aldoszteron növeli a nátrium-csatornák számát → transzcelluláris Na^+ transzport, amit paracellulárisan passzívan követnek a kloridionok
- ugyancsak aldoszteron szabályozza (növeli) a K^+ kiválasztását is
- HCO_3^- kiválasztás miatt a széklet enyhén lúgos kémhatású

A tápcsatorna motoros funkciói

- nyelés akaratlagos vagy reflexes, a további folyamatok a székletürítés megkezdéséig automatikusak
- kisebb részben harántcsíkt izmok, nagyobb részben simaizmok koordinált összehúzódásai és elernyedései
- tápcsatorna szakaszai a motorika alapján:
 - 1) tápcsatorna legfelső szakaszán (szájüreg, garat, nyelőcső felső harmada) harántcsíkt izmok
 - 2) nyelőcső alsó kétharmada + gyomor elülső része: simaizmok saját miogén tónussal, amelyet reflexesen idegek befolyásolnak (reflexek szerveződése a nyúltvelőn keresztül)
 - 3) gyomor távolabbi részétől a végbél belső záróizmáig: simaizmok saját ritmusa + enteralis idegrendszer helyi reflexei

A simaizmok szerkezete

simaizomsejtek: egymagvúak, orsó alakúak



- nincsenek réskapcsolatok (gap junction-ök; gj) → minden izomsejt külön működik
- ❖ nincs akciós potenciál (AP)
 - csak vegetatív idegi impulzusra (acetilkolin illetve noradrenalin hatására) húzódnak össze
- belső szemizmok, vas deferens, pilomotor izmok

- vannak réskapcsolatok (gap junction-ök) → funkcionális szincícium
- ❖ van AP, Ca^{2+} -beáramlással
 - AP hosszú, 100 ms nagyságrendű
- erek, légutak, gyomor-bél, húgyutak, méhkürt, méh

Kontrakciót indító hatások egységés simaizmokban

1. miogén eredetű spontán potenciálváltozások
(ritmusgenerátor sejtek: Cajal-féle intersticiális sejtek - ICC)
 2. nyújtás okozta potenciálváltozások
 3. idegi impulzusok (transzmitterek)
 4. hormonok, lokális mediátor anyagok
- az idegi impulzusok nem kikapcsoló/bekapcsoló szerepűek, mint a vázizmoknál
 - a legtöbb egységés simaizom mindig kismértékben kontrahált (tónus); adott Ca^{2+} , másodlagos hírvivő stb. szinteknek megfelelően
 - az idegi hatások ezeket a tényezőket módosítják, illetve a lassú hullámokat „okozó” ioncsatornák működését változtatják meg.

Az enterális idegrendszer

10^8 neuron (~ gerincvelő neuronjai)

sokféle transzmitter, köztük különféle peptidek

neuronok sejttestjei: **Auerbach-** és a **Meissner-féle plexusban**

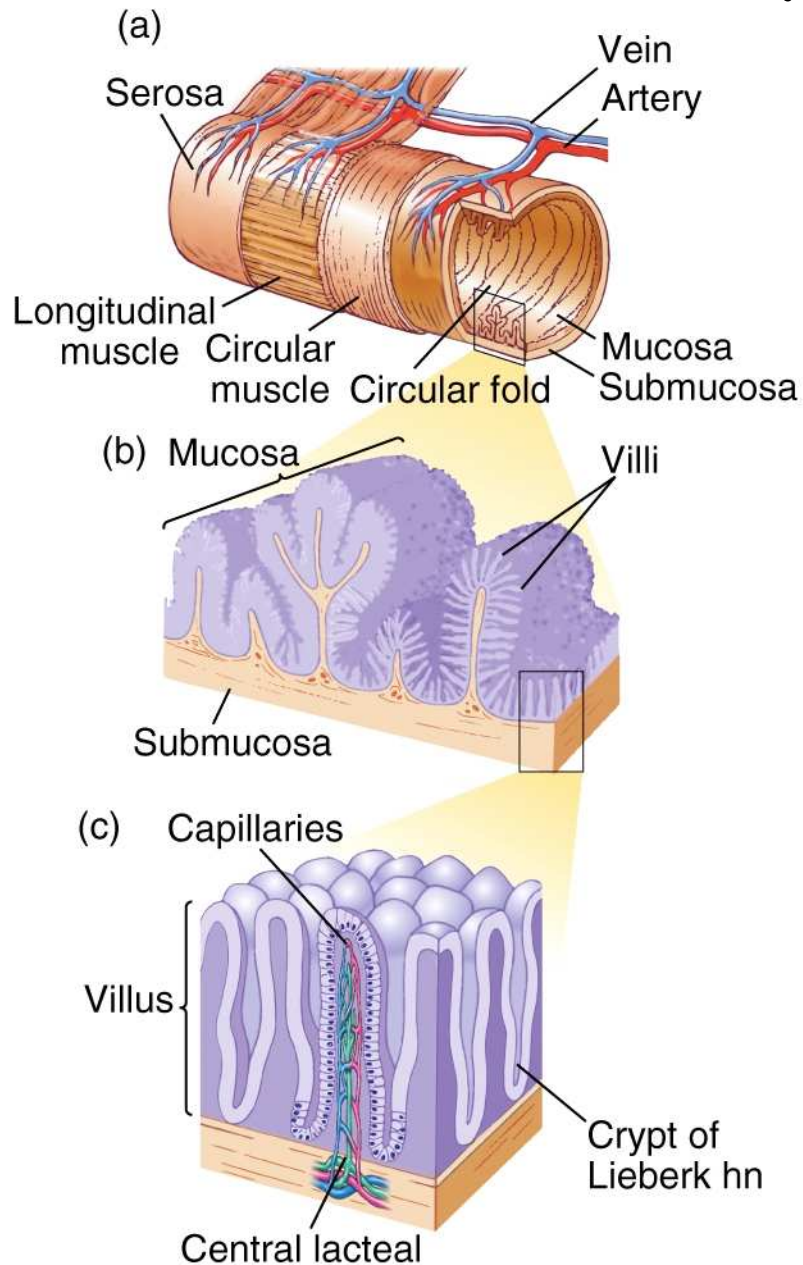
Helyi reflexívek (szenzoros neuronok - interneuronok - effektor neuronok), poliszinaptikusak, bonyolultak.

A szenzoros neuronok végződéseik mechano-, kemo- vagy ozmoreceptorok. A neuronok transzmittere tachikinin típusú peptid, pl. **P-anyag (substance P)**

Interneuronok: gátlóak pl. **enkefalinerg**, **szomatosztatinerg** vagy serkentőek pl. **n-ACh kolinerg**

Effektor neuronok: **ACh és tachikinin** kolokalizálva (pl. **P-anyag**) a simaizmot aktiváló neuronokban. **Vazoaktív intesztinális peptid (VIP)** és **nitrogén-monoxid (NO)** tartalmú neuronok a körkörös simaizmot gátolják (ellazítják). Ilyen hatású az **ATP** és a **pituitary adenylate cyclase-activating polypeptide (PACAP)** is.

A vékonybél izomrétegei



Hosszanti (longitudinális) simaizomzat

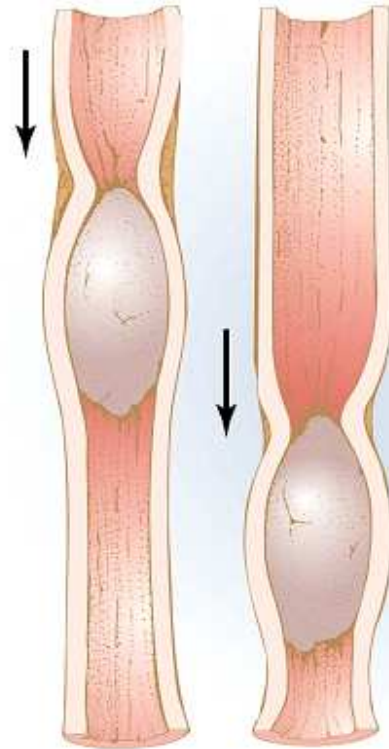
- kevés gap junction, nincs spontán elektromos ritmus
- kontrakciót a kolinerg vegetatív beidegzés vált ki, sok muszkarinos ACh-receptor

Körkörös simaizomzat

- ✓ sok gap junction → funkcionális szincícium
- ✓ spontán (bazális) elektromos ritmus (ICC-k)
- ✓ a spontán elektromos ritmus kontrakciót kiváltó hatékonyságát az enterális idegrendszer folyamatosan (tónusosan) gátolja (VIP és NO felszabadulása)

A bélcsatorna motilitása

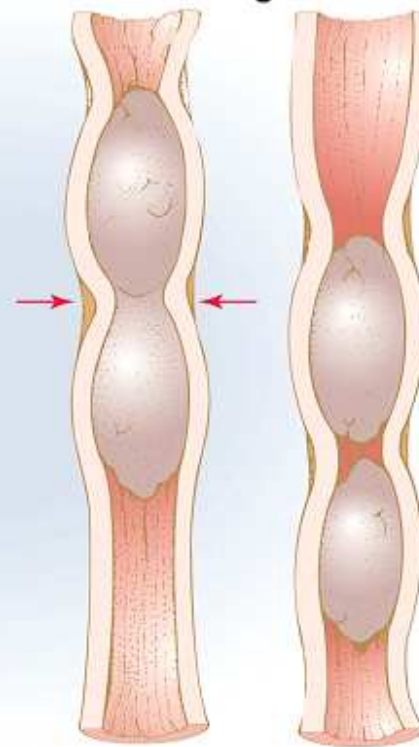
perisztaltikus mozgás



hosszanti és körkörös izmok

a béltartalom továbbítása (2-25 cm/s)

szegmentáló (keverő) mozgás



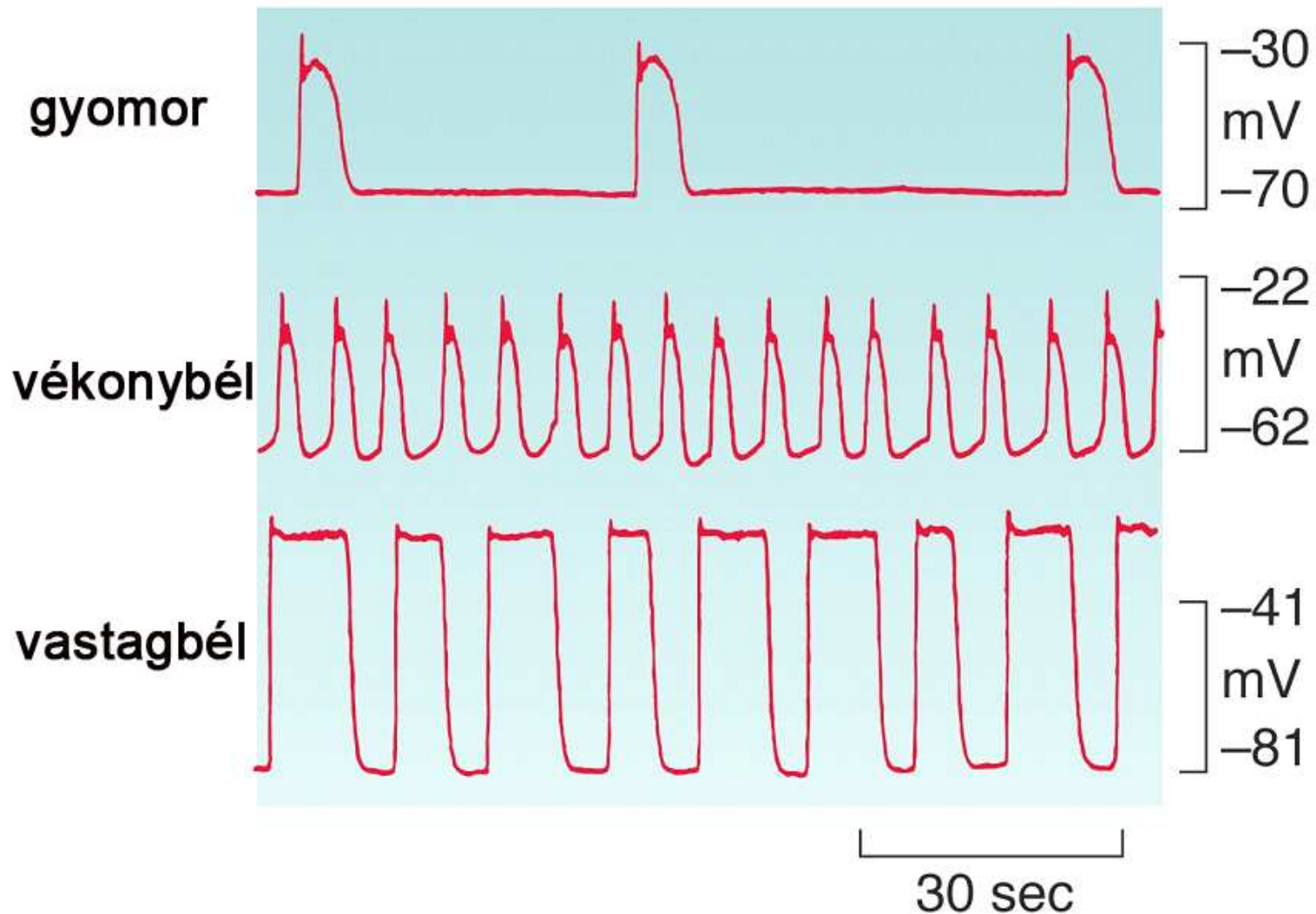
körkörös izmok

a béltartalom keverése

körülírt bélterületen tágító hatás → perisztaltikus mozgás indul el

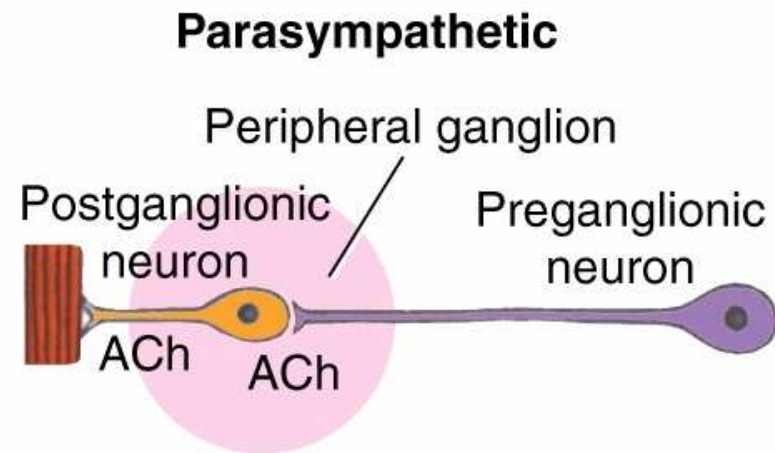
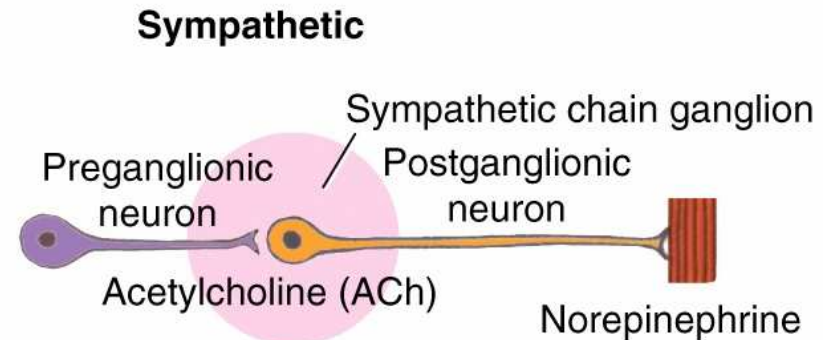
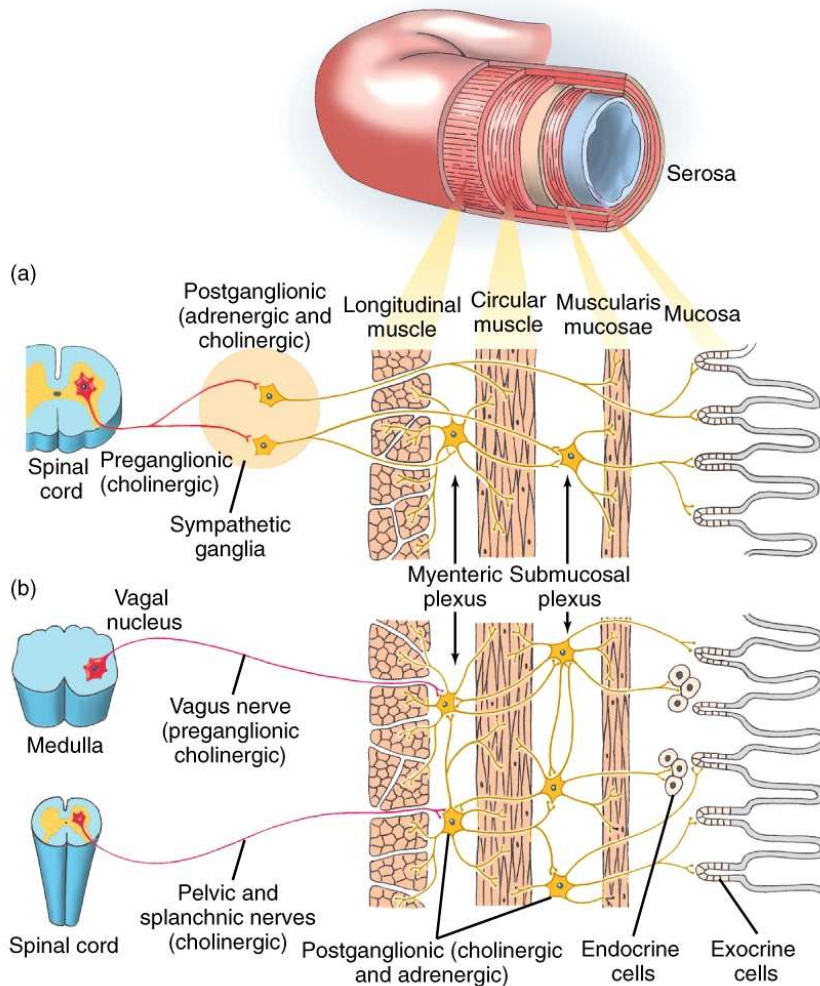
A feszítés helyétől oralisan kontrakció, analisan relaxáció → „a bél törvénye” (BAYLISS és STARLING)

A tápcsatorna simaizomzatának spontán, miogén eredetű potenciálváltozásai illetve kontrakciói



A bélcsatorna vegetatív beidegzése I.

- a vegetatív beidegzés alapvetően az enterális idegrendszer helyi reflexeit módosítja
- a gyomor-bél rendszer motorikája és szekréciója **autonóm** módon, a központi idegrendszerrel való összeköttetés nélkül is működik



A bélcsatorna vegetatív beidegzése II.

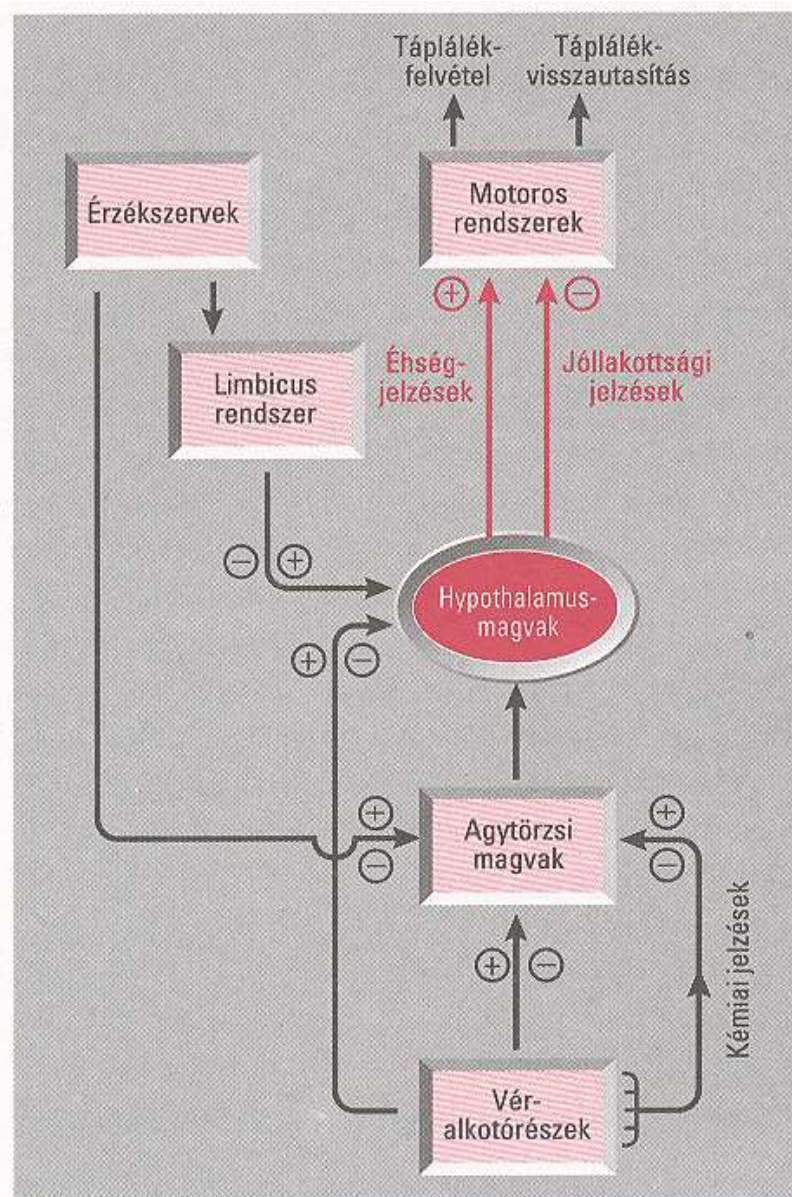
Paraszimpatikus beidegzés

- nervus vagus: 2000-4000 efferens (praeganglionaris) rost fut a tápcsatornához (emberben).
- a rostok egy része az enteralis idegrendszer effektor (postganglionaris) neuronjain végződik (**hosszú pályás reflexív**).
- az enteralis idegrendszer interneuronjai szintén ezeken az effektor neuronokon végződnek (**enteralis reflexív**)
- az effektorsejtből felszabaduló ACh a simaizomzat muszkarinos ACh-receptoraihoz kötődik → a kontrakció létrejön illetve fokozódik
- a paraszimpatikus rostok nem közvetítenek konkrét reflexeket, hanem az enteralis idegrendszer saját reflexeit modulálják

Szimpatikus beidegzés

- szimpatikus rostok: a gerincvelőből kilépve átkapcsolódnak a szimpatikus ganglionokban
- a tápcsatornához futó rostok tehát már posztganglionárisak és az enteralis idegrendszer sejtjein végződnek
- a rostok noradrenergék és gátlóak
- a szimpatikus rostok a motorikát gátolják illetve késleltetik
- nagy megterhelés → a szimpatikus idegrendszer felfüggeszti a gyomor-bél rendszer működését

Táplálékfelvétel szabályozása



glükózmonitorozó rendszer

- i. perifériás glükózreceptorok
 - vena portae
 - pancreasban
 - vékonybélben
 - nervus vagus végződései
- ii. centrálisan: agyi neuronok

- **glükoszenzitív:** glükózkoncentráció emelkedésekor csökkent aktivitás
- **glükoreszponzív:** glükózkoncentráció emelkedésekor fokozott aktivitás

táplálékfelvétel elindítása éhség hatására:

- neuropeptidok a hipotalamuszban (neuropeptid Y - NPY, agouti-related protein - AgRP, orexin stb.)

jóllakottság jelzései:

- gyomor teltsége - mechanoreceptorok
- kolecisztoxinin
- gasztrin-felszabadító peptid (GRP)
- inzulinszekréció - gátolja az NPY termelődését

hosszú távú szabályozás: leptin

- ✓ fehér zsírszövet által termelt peptid
- ✓ több zsír → több leptin → hipotalamuszon át leállítja az evést, növeli az energiaszabályozást

Table 15-2 The major gastrointestinal peptide hormones

Hormone	Tissues of origin	Target tissue	Primary action	Stimulus to secretion
Gastrin	Stomach and duodenum	Secretory cells and muscles of stomach	HCl production and secretion; stimulation of gastric motility	Vagus nerve activity; peptides and proteins in stomach
Cholecystokinin (CCK)*	Upper small intestine	Gallbladder	Contraction of gallbladder	Fatty acids and amino acids in duodenum
Secretin*	Duodenum	Pancreas	Pancreatic juice secretion	Food and strong acid in stomach and small intestine
		Pancreas, secretory cells, and muscles of stomach	Water and NaHCO ₃ secretion; inhibition of gastric motility	Food and strong acid in stomach and small intestine
Gastric inhibitory peptide (GIP)	Upper small intestine	Gastric mucosa and musculature	Inhibition of gastric secretion and motility	Monosaccharides and fats in duodenum
Bulbogastrone	Upper small intestine	Stomach	Inhibition of gastric secretion and motility	Acid in duodenum
Vasoactive intestinal peptide (VIP)*	Duodenum	Stomach, intestine	Increase of blood flow; secretion of thin pancreatic fluid; inhibition of gastric secretion	Fats in duodenum
Enteroglucagon	Duodenum	Jejunum, pancreas	Inhibition of motility and secretion	Carbohydrates in duodenum
Enkephalin*	Small intestine	Stomach, pancreas, intestine	Stimulation of HCl secretion; inhibition of pancreatic enzyme secretion and intestinal motility	Basic conditions in stomach and intestine
Somatostatin*	Small intestine	Stomach, pancreas, intestine, splanchnic arterioles	Inhibition of HCl secretion, pancreatic secretion, intestinal motility, and visceral blood flow	Acid in lumen of stomach

*These peptides are also found in central nervous tissue as neuropeptides. Additional unlisted neuropeptides identified in both brain and gut tissue include substance P, neurotensin, bombesin, insulin, pancreatic polypeptide, and ACTH.

Table 15-3 Some mammalian vitamins

Vitamin	Major dietary sources; solubility ^o	Uptake; storage	Function in mammals†	Deficiency symptoms
Ascorbic acid (C)	Citrus fruits; WS	Absorbed from gut; little storage	Vital element for collagen; antioxidant	Scurvy (failure to form connective tissue)
Biotin	Egg yolk, tomatoes, liver, synthesis by intestinal flora; WS	Absorbed from gut	Protein and fatty acid synthesis; CO ₂ fixation; transamination	Scaly dermatitis, muscle pains, weakness
Cyanocobalamin (B ₁₂)	Liver, kidney, brain, fish, eggs, synthesis by intestinal flora; WS	Absorbed from gut; stored in liver, kidney, brain	Nucleoprotein synthesis; formation of erythrocytes	Pernicious anemia, malformed erythrocytes
Folic acid (folacin, pteroylglutamic acid)	Meats; WS	Absorbed from gut; utilized as acquired	Nucleoprotein synthesis; formation of erythrocytes	Failure of erythrocytes to mature, anemia
Niacin	Lean meat, liver, whole grains; WS	Absorbed from gut; distributed to all tissues	Coenzyme in hydrogen transport (NAD, NADP)	Pellagra, skin lesions, digestive disturbances, dementia
Pantothenic acid	Many foods; WS	Absorbed from gut; stored in all tissues	Constituent of coenzyme A (CoA)	Neuromotor, cardiovascular disorders
Pyridoxine (B ₆)	Whole grains, traces in many foods; WS	Absorbed from gut; half appears in urine	Coenzyme for amino and fatty acid metabolism	Dermatitis, nervous disorders
Riboflavin (B ₂)	Milk, eggs, lean meat, liver, whole grains; WS	Absorbed from gut; stored in kidney, liver, heart	Flavoproteins in oxidative phosphorylation	Photophobia, fissuring of the skin
Thiamine (B ₁)	Brain, liver, kidney, heart, whole grains, nuts, beans, potatoes	Absorbed from gut; stored in liver, brain, kidney	Formation of cocarboxylase enzyme involved in decarboxylation (citric acid cycle)	Stoppage of CH ₂ O metabolism at pyruvate, beriberi, neuritis, heart failure

^oFS = fat-soluble; WS = water-soluble.

†Most vitamins have numerous functions; the functions listed are a mere sampling.