



<http://www.kzs.hu/eva/tested/emesztes.htm>

Az emésztés:

- Száj - amiláz nevű enzim → keményítő lebontás.
- Nyelőcső
- Gyomor "savfürdő", 4-5 óra.
- Vékonybél → máj, a hasnyálmirigy és a vékonybél emésztőnedvei lebontják a táplálékot, ami a vékonybél falán át felszívódik a vérbe. A vékonybél belső felszínét bélbolyhok borítják, amik teniszpálya nagyságú felszívó felületet hoznak létre. 4-5 óra
- Vastagbél → víz és az ionok felszívódása. 7-16 óra
- Végbél. 12-14 óra

A tápcsatorna funkciói:

- Szekréció – víz, sav, enzimek
- Keverés és továbbítás
- Emésztés – mechanikai és kémiai
- Felszívódás – lebontott anyagok vérbe – testnedvekbe juttatása

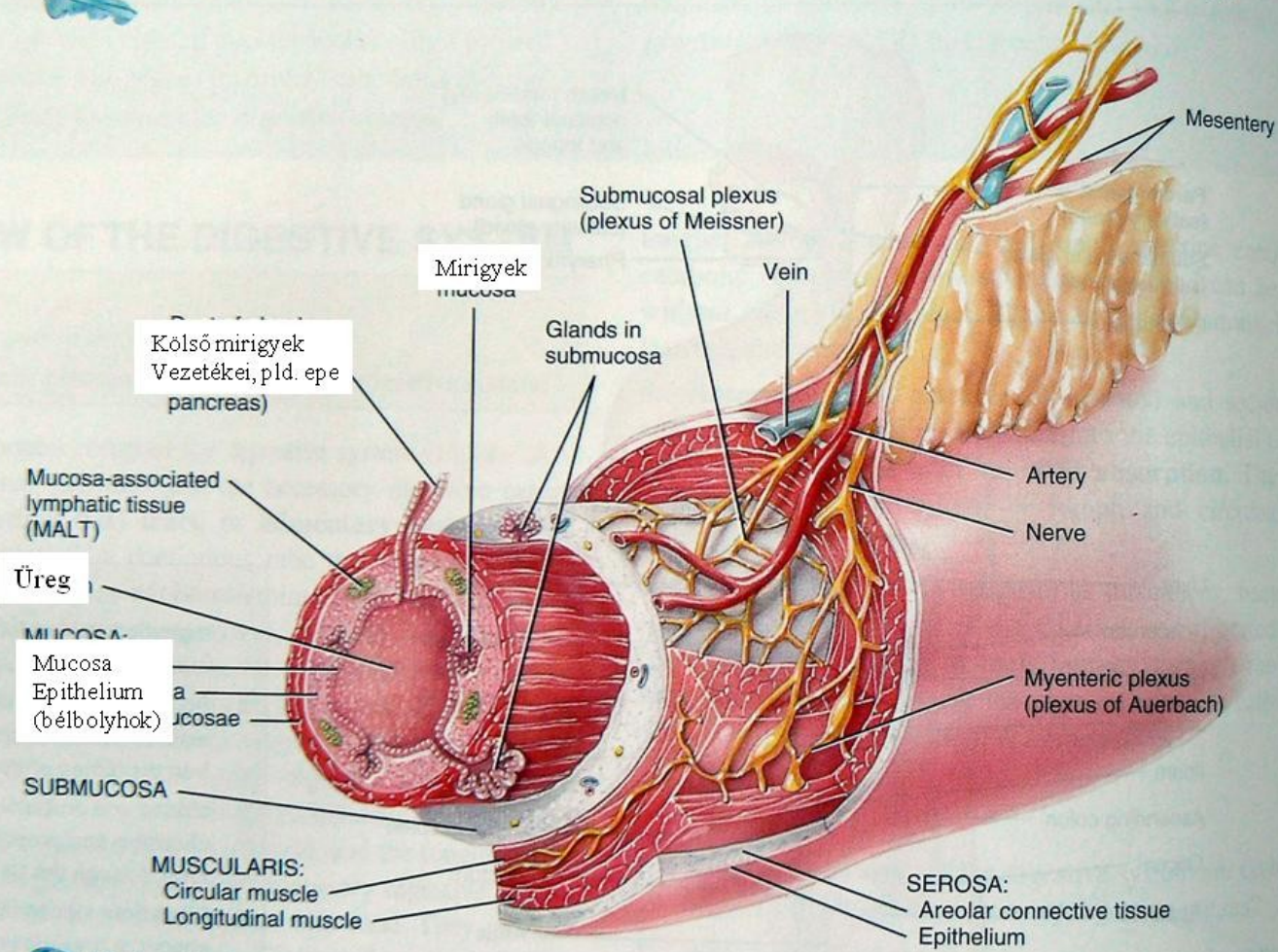
A gastrointestinalis rendszer (tápcsatorna) szabályozása:

- Központi és helyi idegrendszeri reflexek, hormonok és parakrin mediátorok (szöveti hormonok)

A gastrointestinal rendszer rétegei

Figure 24.2 Layers of the gastrointestinal tract. Variations in this basic plan may be seen in the esophagus (Figure 24.9), stomach (Figure 24.12), small intestine (Figure 24.18), and large intestine (Figure 24.23).

The four layers of the GI tract, from deep to superficial, are the mucosa, submucosa, muscularis, and serosa.

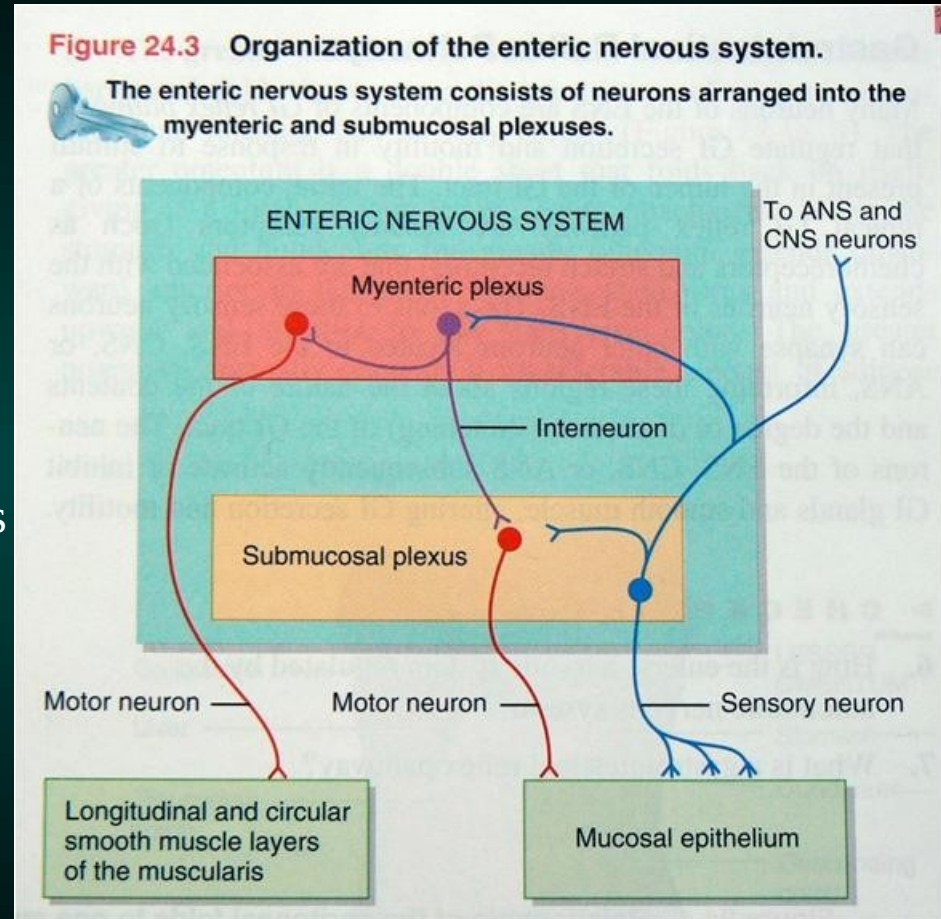


A tápcsatorna működésének szabályozása

- Központi idegrendszeri reflexek
- Enterális idegrendszeri reflexek
- Mirigy sejtek rendszere (Hormonok, Parakrin mediátorok)

Mechanikus és kémiai receptorok → centrális és helyi válasz → szekréció, motoros, vasomotoros válasz

- Gastrointestinális hormonok (gasztrin,olecisztokinin, szekretin, glukóz-dependens inzulinotrop peptid)
- Parakrin mediátorok (hisztamin, szomatosztatin)

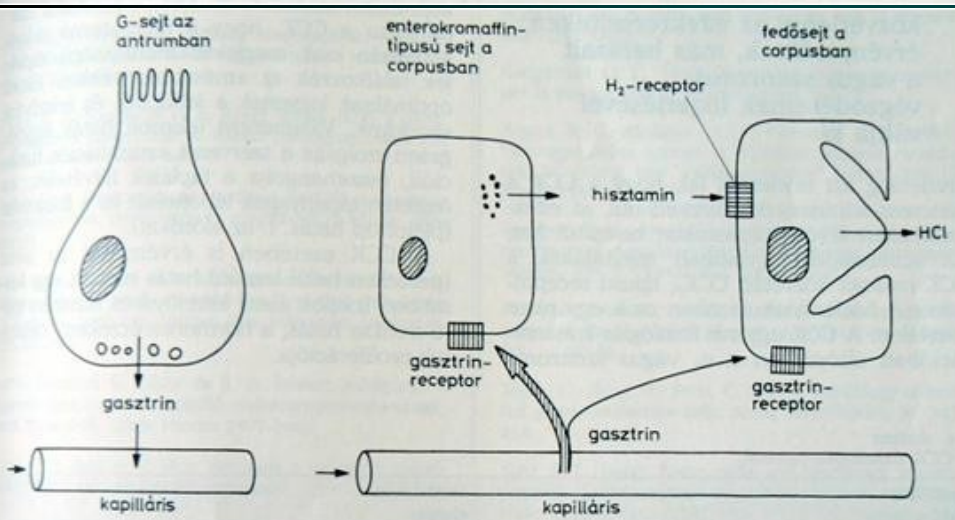


7-1. táblázat
A tápcsatorna működésének központi idegrendszeri és perifériás szabályozása

Kizárólag központi idegrendszeri szabályozással működik	<ul style="list-style-type: none"> - nyáleválasztás - rágás - nyelés - a gyomor raktározó funkciója - székletürítés
Perifériás szabályozása van, központi idegrendszeri (reflexes) ráhatással	<ul style="list-style-type: none"> - gyomorszekréció - gyomormotorika - pancreaszekréció - epeürítés - vékonybél-motorika - vastagbél-motorika - interdigestív motoros és szekréciós aktivitás

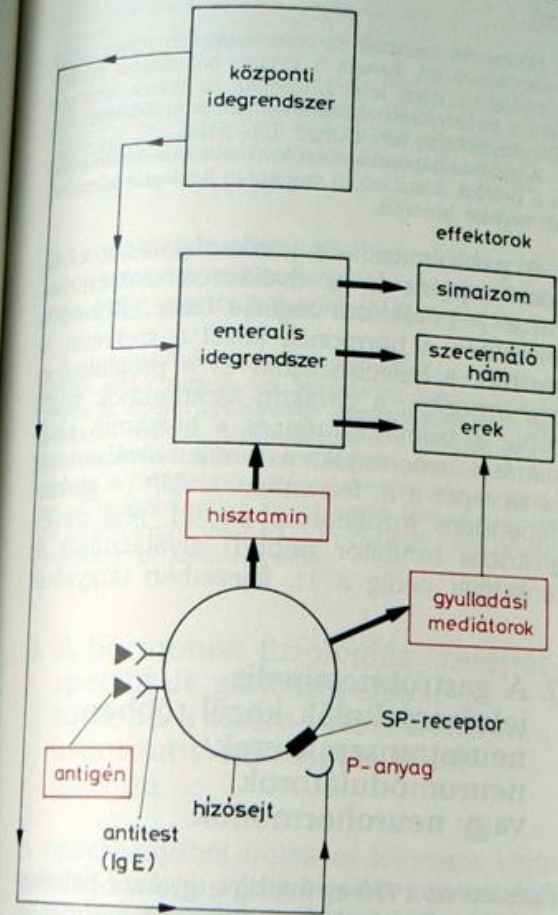
A gyomor-bélrendszer jelzőmolekuláit elválasztó sejtek és a jelzőmolekulák

Sejt	Peptid
D-sejt (pancreaszsigetekben is megtalálható)	szomatosztatin
F-sejt/PP-sejt/D1-sejt (pancreaszsigetekben is megtalálható)	pancreas eredetű polipeptid (PP)
G-sejt	gasztrin
I-sejt (régábbi neve CCK-sejt)	kolecisztokinin (CCK)
L-sejt (régábban A-sejtnek tartották)	proglukagon, GLP-1, GLP-2
S-sejt	szekretin
M-sejt	motilin
GIP-sejt	GIP (= glukózdependens inzulinotrop peptid, gasztrikus inhibitorikus peptid)
ECL-sejt (enterokromaffin típusú sejt)	hisztamin
enterokromaffin sejt	serotonin (5-HT)



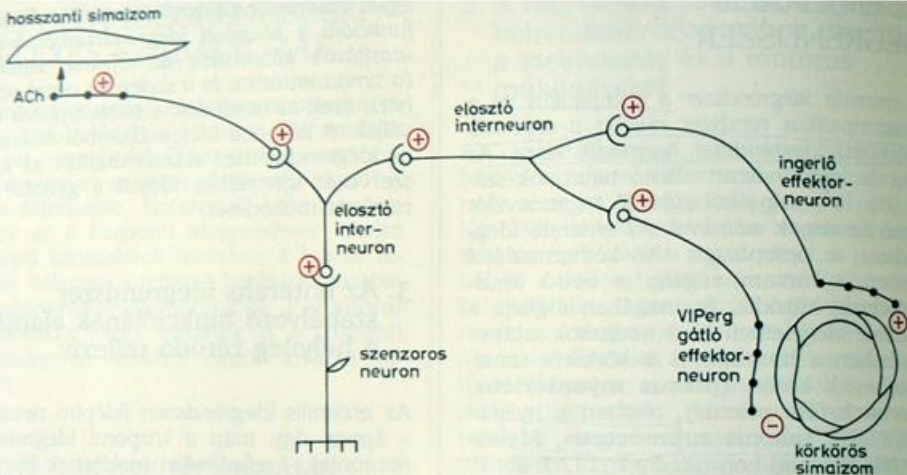
7-12. ábra
A gasztrin közvetlen és közvetett hatása a fedősejtek sósavszekréciójára

Az ábrán bal oldalt egy G-sejt, középen egy hisztamint szecernáló enterokromaffin típusú sejt, jobb oldalt pedig egy fedősejt látható (az ábra nem a valódi térbeli elrendezést tükrözi, bal oldalt a G-sejt az antrális régióban helyezkedik el, jobb oldalt a fundus nyálkahártyájában – a szekréciós areában – elhelyezkedő sejtek vannak). A G-sejtből felszabadult és a vérkeringésbe került gasztrin egyrészt az enterokromaffin típusú sejtől hisztaminfelszabadulást vált ki, másrészt közvetlenül is serkenti a fedősejt sósavtermelését. A hisztamin a fedősejten lévő H₂-receptor közbeiktatásával hoz létre sósavszekréciót (l. 9-5. ábra).



7-7. ábra
A hízósejtek kapcsolata a központi és az enterális idegrendszerrel

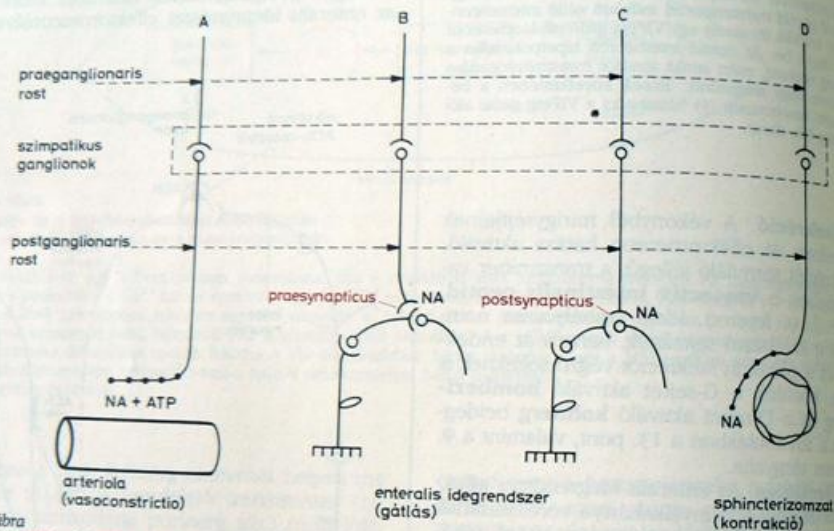
Az alsó bélszakaszok nyálkahártyájában elhelyezkedő hízósejt különböző specificitású IgE-molekulákat tart megköve (elsősorban olyanokat, amelyek a szervezet által már ismert antigénekkal reagálnak). A bélbe bekerülő antigén kötődik a rá specifikus IgE-hez, és ennek következtében a hízósejtből különböző mediátorok szabadulnak fel. A hisztamin az enterális idegrendszer közeli afferens neuronjait aktiválja; a meginduló reflexfolyamatok intenzív továbbító mozgásokat, szekréciót és helyi értágulatót váltanak ki. A hízósejteket a központi idegrendszer is aktiválhatja (a neurotranszmitter valószínűleg a P-anyag, SP), és ez ugyanolyan következményekkel jár, mint a helyi aktiválás.



7-2. ábra

Az enterális idegrendszer reflexívei

A vázlaton egyszerűsített neuronális kapcsolatok szerepelnek. A szenzoros neuronról az ingerület elágazó (elosztó) interneuronra tevődik át. Az egyik elágazás (bal felé) a bél hosszanti simaizomhoz futó kolinerg effektorneuronhoz csatlakozik, ingerülete az izomban összehúzódást vált ki. Az elágazás másik szára (jobb felé) újabb osztó interneuronnal képez synapsist; az ezt követő egyik effektorneuron a körtörős izomzat összehúzódását váltja ki, a másik effektorneuron VIPerg, ellazítja a körtörős izmot. Ebben az ábrában nem tüntettünk fel gátló interneuront. (Gátló interneuront tüntet fel a 7-4. ábra.) Hasonló kapcsolat szerepel a bélperisztaltika neuronális kapcsolását szemléltető 8-6. ábrán.



7-6. ábra

A szimpatikus idegrendszer és a gyomor-bélcsatorna kapcsolatai

A szimpatikus praeganglionaris axonok valamelyik szimpatikus ganglionban csatlakoznak át.

A: A postganglionaris neuronok egy része neurotranszmitterként a noradrenalin mellett ATP-t tartalmaz. Ezek az axonok a belek ellátó arteriolákhoz mennek, és mindkét felszabaduló transzmitter vasoconstrictiót közvetít (itt valószínűleg az ATP a hatásosabb vasoconstrictor).

B és C: A postganglionaris noradrenerg axon valamelyik peptidet is tartalmazhat, és az enterális idegrendszer neuronjain végződik. A **B** axon az enterális idegrendszer valamelyik synapsisában praesynapticusan az axonterminálison végződik, és a noradrenalin az azon lévő α_2 -receptorokra hatva a transzmitterfelszabadulást gátolja (praesynapticus gátlás). A **C** postsynapticus gátlást hoz létre.

D: a postganglionaris noradrenerg neuron valamelyik sphincter simaizomzatát idegzi be, és az azon lévő α_1 -receptorra hatva keresztül a sphincter összehúzódását váltja ki.

NA: noradrenalin.

A tápcsatorna motoros működése

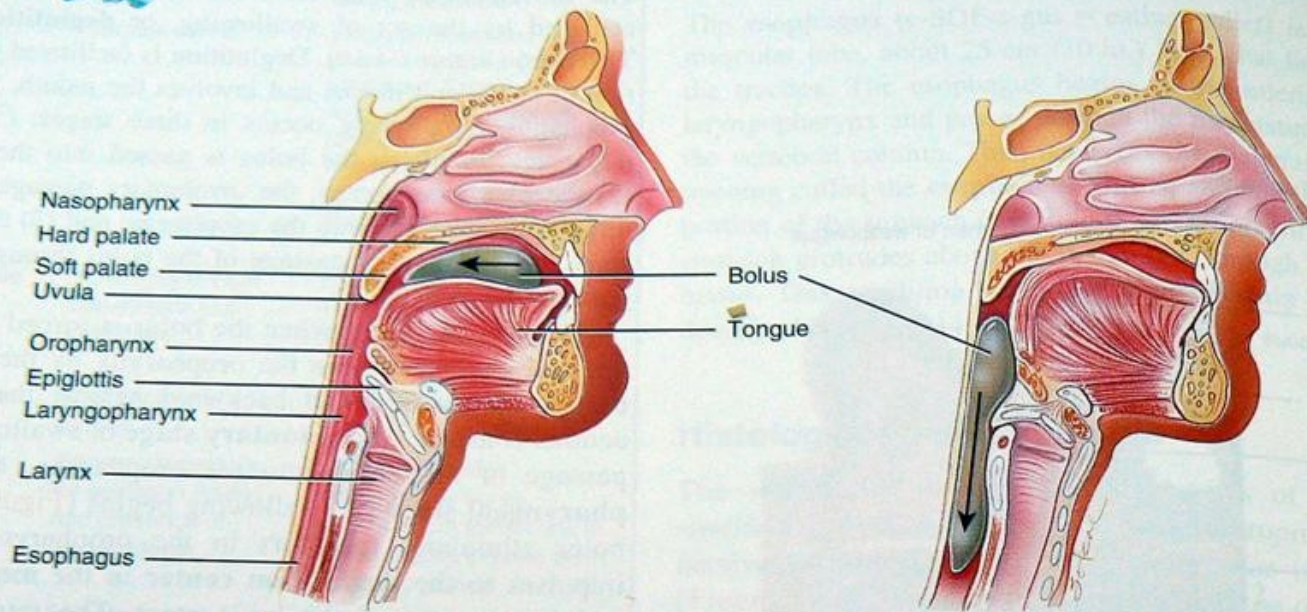
- Továbbítás, keverés, késleltetés, tárolás, ürités
- Szinkronban a többi (szekréción, felszívó) működésekkel (hormonok, idegi szabályozás)
- Vázizom (központi idegrendszer)
- Simaizom (endogén ritmusgenerálás, enterális idegrendszer)

8-1. táblázat

A tápcsatorna motorikájának végrehajtó és koordináló tényezői

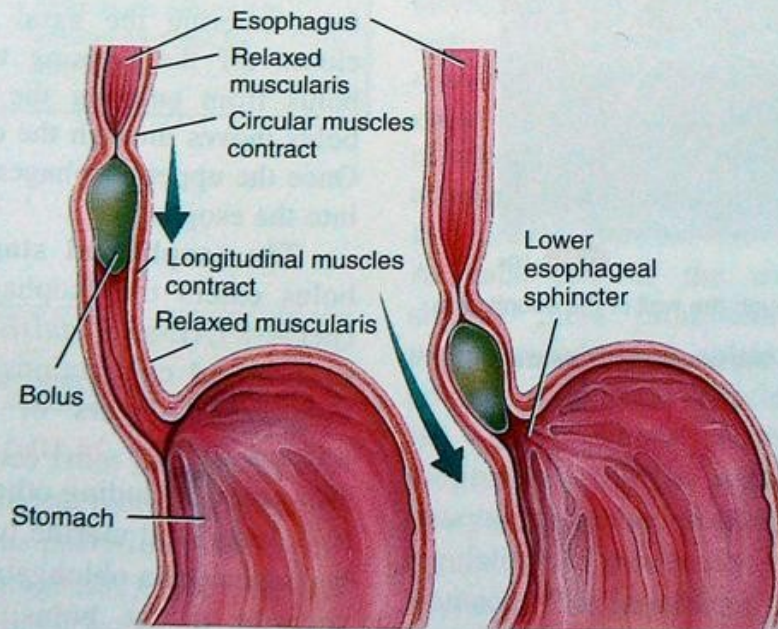
Működés	Végrehajtó izomtípus	Központi koordináció szerepe	Az effektor neuron sejttestjének lokalizációja	Lokális pacemaker
Szájba vétel	vázizom	esszenciális	agykéreg	nincs
Rágás	vázizom	esszenciális	agykéreg, agytörzs	nincs
Nyelés megindítása	vázizom	esszenciális	(agykéreg) agytörzs	nincs
Továbbítás a nyelőcsőben	a) vázizom b) simaizom	esszenciális esszenciális	agytörzs agytörzs	nincs nincs
Proximális gyomor relaxáció	simaizom	esszenciális	agytörzs	nincs
Disztális gyomor továbbítás	simaizom	módosít	E.i.r.	van
Vékonybél-szegmentáció	simaizom	?	E.i.r.	van
Vékonybél-perisztaltika	simaizom	módosít	E.i.r.	van
Ileocaecalis sphincter	simaizom	?	E.i.r.	?
Vastagbél-mozgások	simaizom	?	E.i.r.	van
Végbélzárás	a) simaizom b) vázizom	esszenciális esszenciális	E.i.r + központi központi	nincs nincs

E.i.r.: enterális idegrendszer

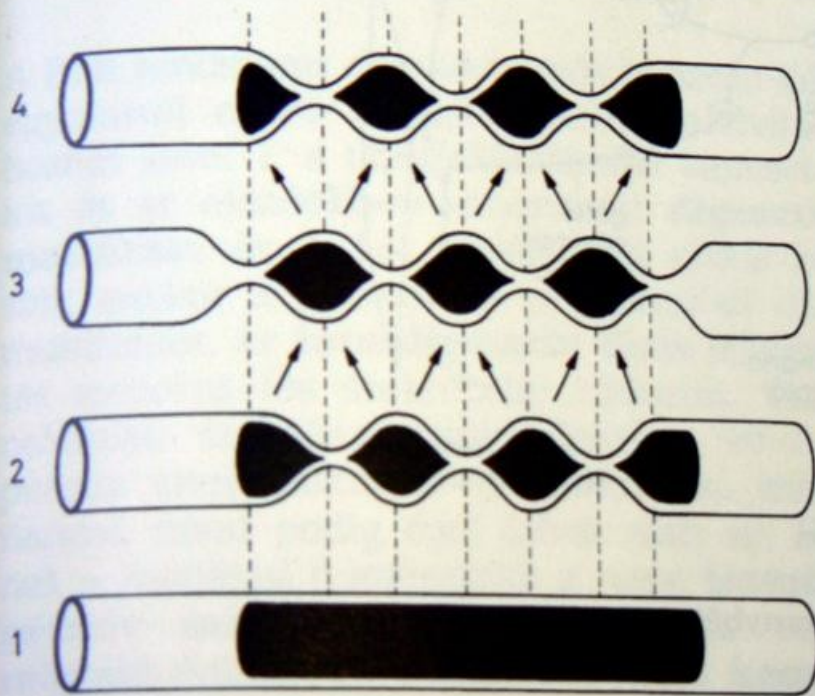


(a) Position of structures before swallowing

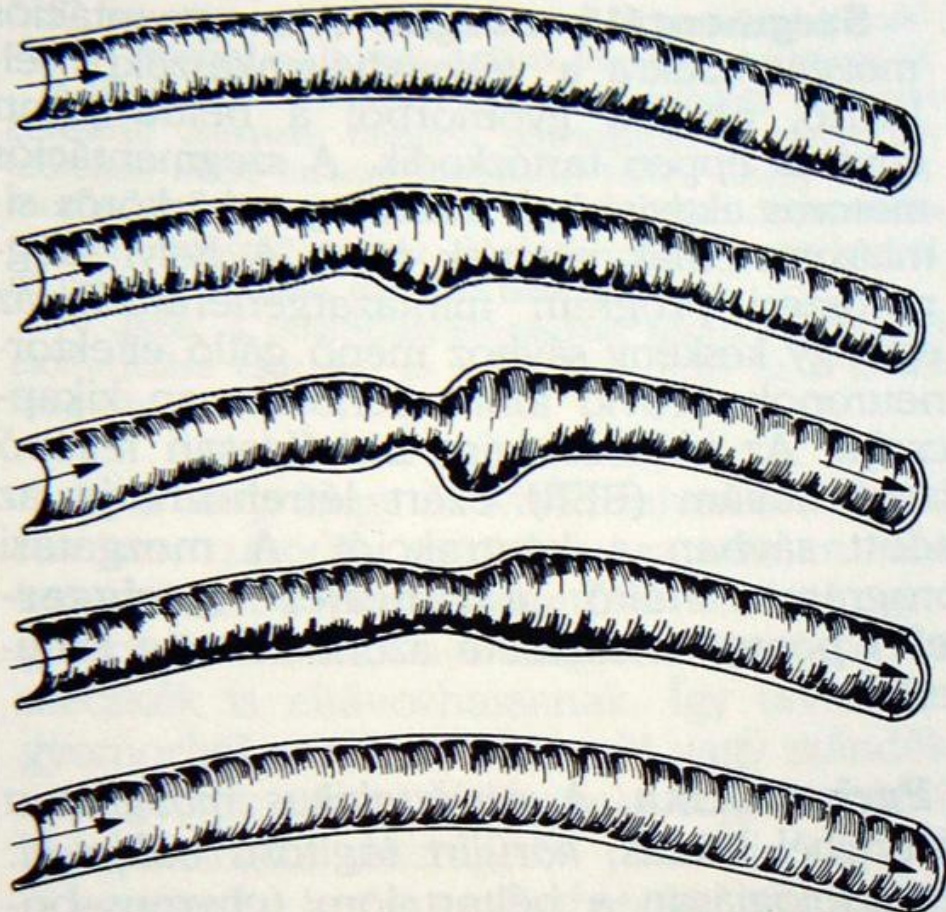
(b) During the pharyngeal stage of swallowing



(c) Anterior view of frontal sections of peristalsis in esophagus



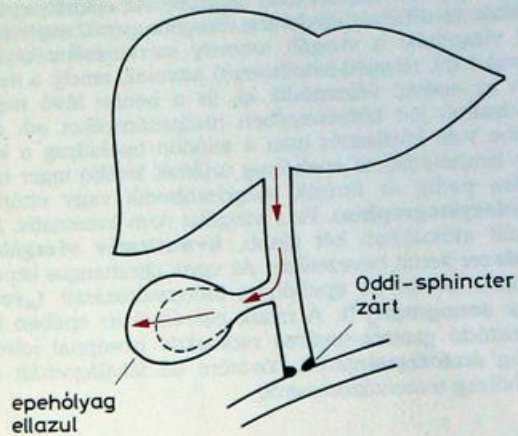
8-4. ábra
A vékonybél szegmentációs mozgásának vázlata



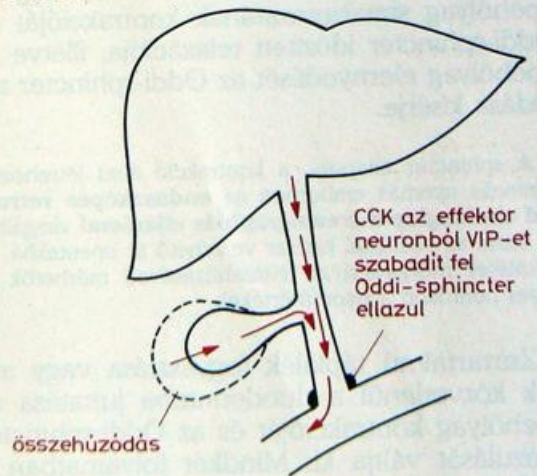
8-5. ábra
A vékonybél-perisztaltika képe

Ott, ahol a béltartalom mechanikai inger (feszítést) gyakorol az enterális idegrendszer szenzoros neuronjaira, továbbító, perisztaltikus mozgás jön létre. Ennek következtében a körkörös izomrétegben a tágító bolustól orális irányban összehúzódás, aboralisan pedig ellazulás alakul ki.

A kolecisztokinin nélkül (éhségomri)



B kolecisztokinin jelenlétében (étkezés után)



8-9. ábra

Az epeáramlás iránya a posztabszorptív és a posztprandiális szakaszban

Éhségomri állapotban, az ábra felső, **A** részén a vér kolecisztokinin- (CCK-) szintje alacsony. Az epehólyag ellazult, az Oddi-sphincter zárt, az elválasztott epe az epehólyag felé áramlik.

Étkezés után a CCK-szint megemelkedett. A CCK közvetlen hatással összehúzza az epehólyag izomzatát, emellett az Oddi-sphinctert innerváló effektorneuron-végződésekből VIP-et szabadít fel. A sphincter a VIP hatására ellazul, az epe a duodenum felé ürül.

A tápcsatorna szekréción funkciói

- **Nyál:** hipozmotikus, a szájüreg nedvesen tartása, lizozim, IgA → fertőtlenítés, glikoproteinek (mucinok) → falat egyben tartása, amiláz → cukor bontás
- **Gyomornedv:** sósav → pH fenntartása, fehérje denaturáció, fertőtlenítés. Pepszinogén → fehérje bontó enzimek, proenzimek. glikoproteinek
- **Pancreasnedv:** fehérjéket, zsirokat és szénhidrátokat bontó enzimek, sósav közömbösítése (HCO_3^-)
- **Epe:** kettős funkció: szekréción és kiválasztás. epesavas sók → zsirbontás, foszfolipidek, felszívódást segítik
- **Vékonybél nedv:** hígító funkció

Figure 24.21 Daily volumes of fluid ingested, secreted, absorbed, and excreted from the GI tract.

All water absorption in the GI tract occurs via osmosis.

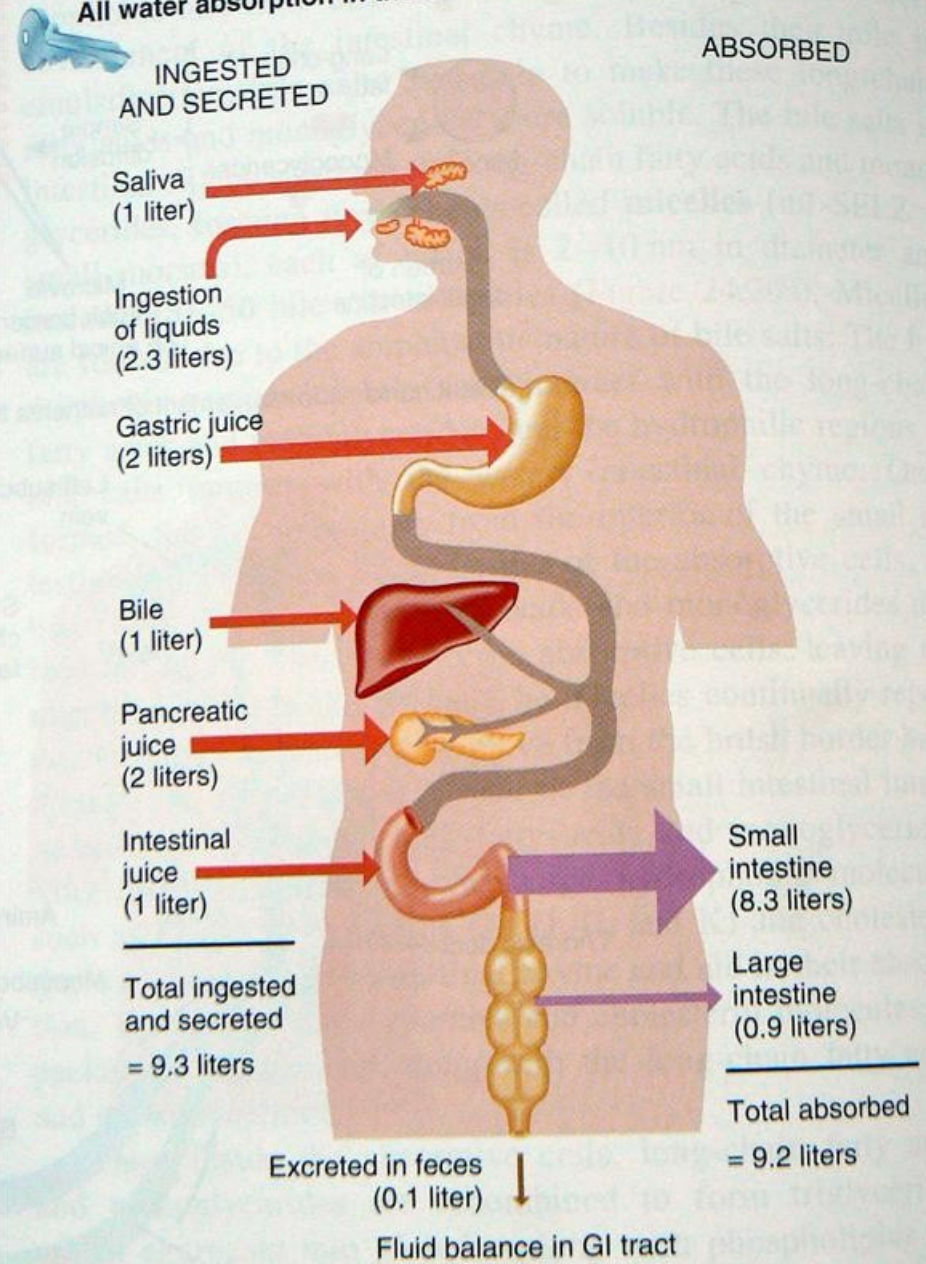
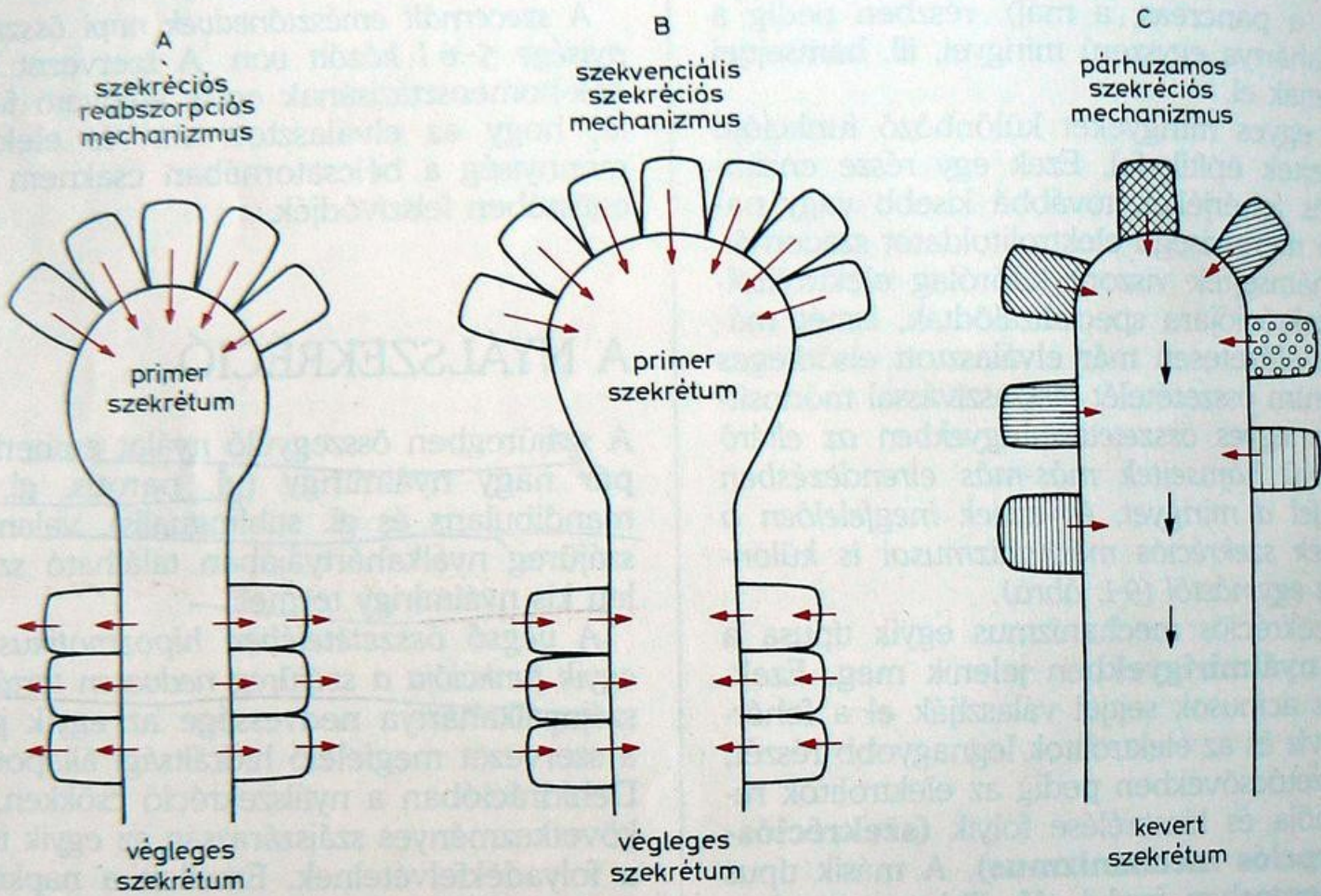


TABLE 24.4 Summary of Digestive Enzymes

Enzyme	Source	Substrates	Products
Saliva			
Salivary amylase	Salivary glands.	Starches (polysaccharides).	Maltose (disaccharide), maltotriose (trisaccharide), and α -dextrins.
Lingual lipase	Lingual glands in the tongue.	Triglycerides (fats and oils) and other lipids.	Fatty acids and diglycerides.
Gastric Juice			
Pepsin (activated from pepsinogen by pepsin and hydrochloric acid)	Stomach chief cells.	Proteins.	Peptides.
Gastric lipase	Stomach chief cells.	Triglycerides (fats and oils).	Fatty acids and monoglycerides.
Pancreatic Juice			
Pancreatic amylase	Pancreatic acinar cells.	Starches (polysaccharides).	Maltose (disaccharide), maltotriose (trisaccharide), and α -dextrins.
Trypsin (activated from trypsinogen by enterokinase)	Pancreatic acinar cells.	Proteins.	Peptides.
Chymotrypsin (activated from chymotrypsinogen by trypsin)	Pancreatic acinar cells.	Proteins.	Peptides.
Elastase (activated from proelastase by trypsin)	Pancreatic acinar cells.	Proteins.	Peptides.
Carboxypeptidase (activated from procarboxypeptidase by trypsin)	Pancreatic acinar cells.	Amino acid at carboxyl end of peptides.	Amino acids and peptides.
Pancreatic lipase	Pancreatic acinar cells.	Triglycerides (fats and oils) that have been emulsified by bile salts.	Fatty acids and monoglycerides.
Nucleases			
Ribonuclease	Pancreatic acinar cells.	Ribonucleic acid.	Nucleotides.
Deoxyribonuclease	Pancreatic acinar cells.	Deoxyribonucleic acid.	Nucleotides.
Brush Border			
α -Dextrinase	Small intestine.	α -Dextrins.	Glucose.
Maltase	Small intestine.	Maltose.	Glucose.
Sucrase	Small intestine.	Sucrose.	Glucose and fructose.
Lactase	Small intestine.	Lactose.	Glucose and galactose.
Enterokinase	Small intestine.	Trypsinogen.	Trypsin.
Peptidases			
Aminopeptidase	Small intestine.	Amino acid at amino end of peptides.	Amino acids and peptides.
Dipeptidase	Small intestine.	Dipeptides.	Amino acids.
Nucleosidases and phosphatases	Small intestine.	Nucleotides.	Nitrogenous bases, pentoses, and phosphates.



9-1. ábra

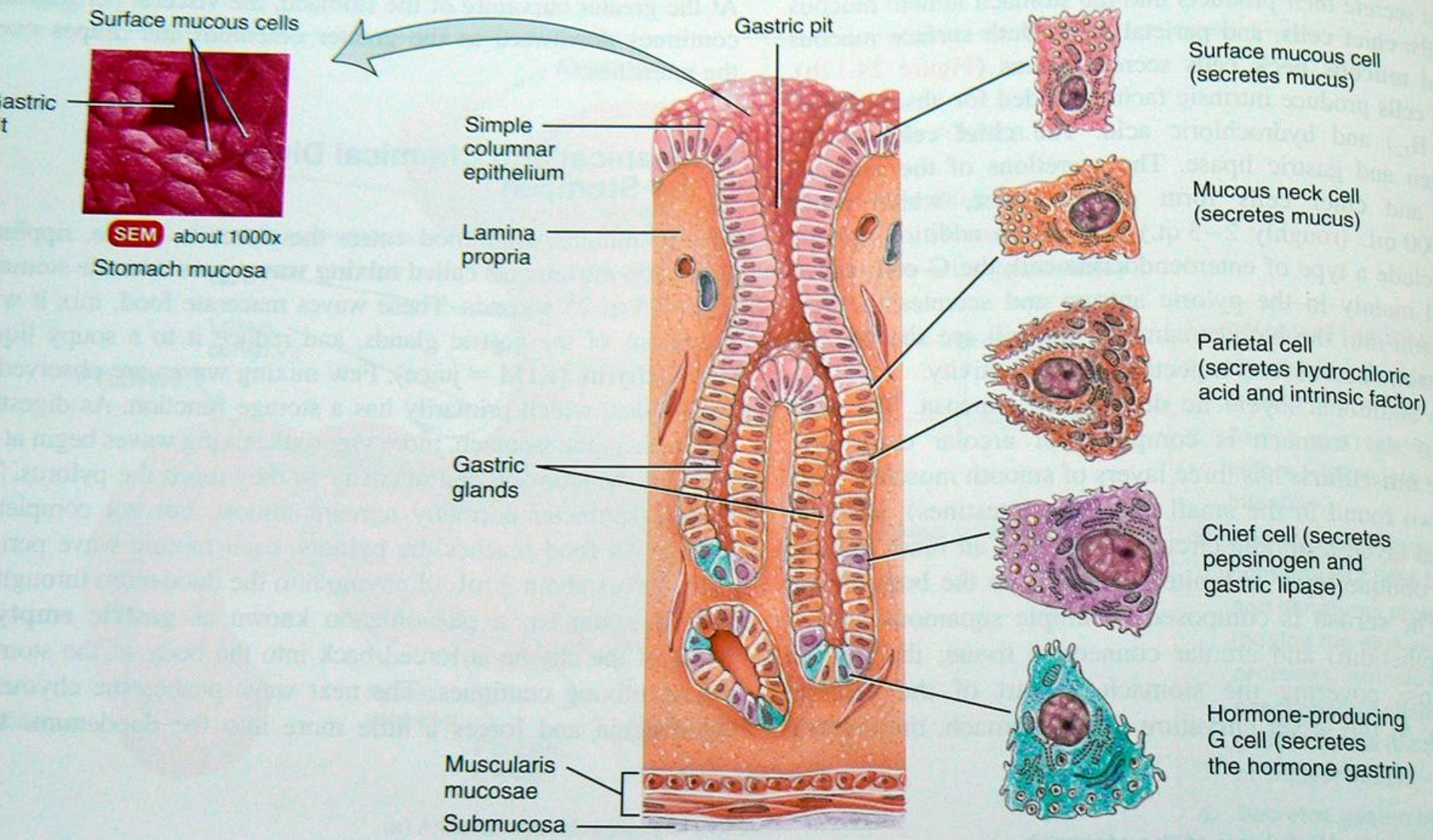
Az emésztőnedvek keletkezésének 3 lehetséges mechanizmusa

A: a szekrációs-reabszorpciós mechanizmussal képződő emésztőnedv-szekréciónál az acinusokban primer, izomotikus szekrétum képződik. Ebből a folyadékból a kivezetőcsövek sejtjei reabszorbeálják a primer szekrétum összetevőit, és így keletkezik a végleges hipotomotikus szekrétum. A végső szekrétum mennyisége mindig kisebb, mint a primer szekrétumé volt.

B: a szekvenciális szekrációs mechanizmussal képződő emésztőnedv-szekréciónál az acinusokban képződött primer szekrétumhoz hozzáadódik a kivezetőcsövek sejtjeinek a szekrétuma. A végső szekrétum mennyisége nagyobb, mint a primer szekrétumé volt.

C: a párhuzamos szekrációs mechanizmussal képződő emésztőnedv-szekréciónál a különböző sejtek szekrétuma keveredik, a szekrétum mennyiségét és összetételét a különböző sejtekben lezajló szekréciónál együttesen határozza meg.

Figure 24.12 (Continued)



(b) Sectional view of the stomach mucosa showing gastric glands and cell types

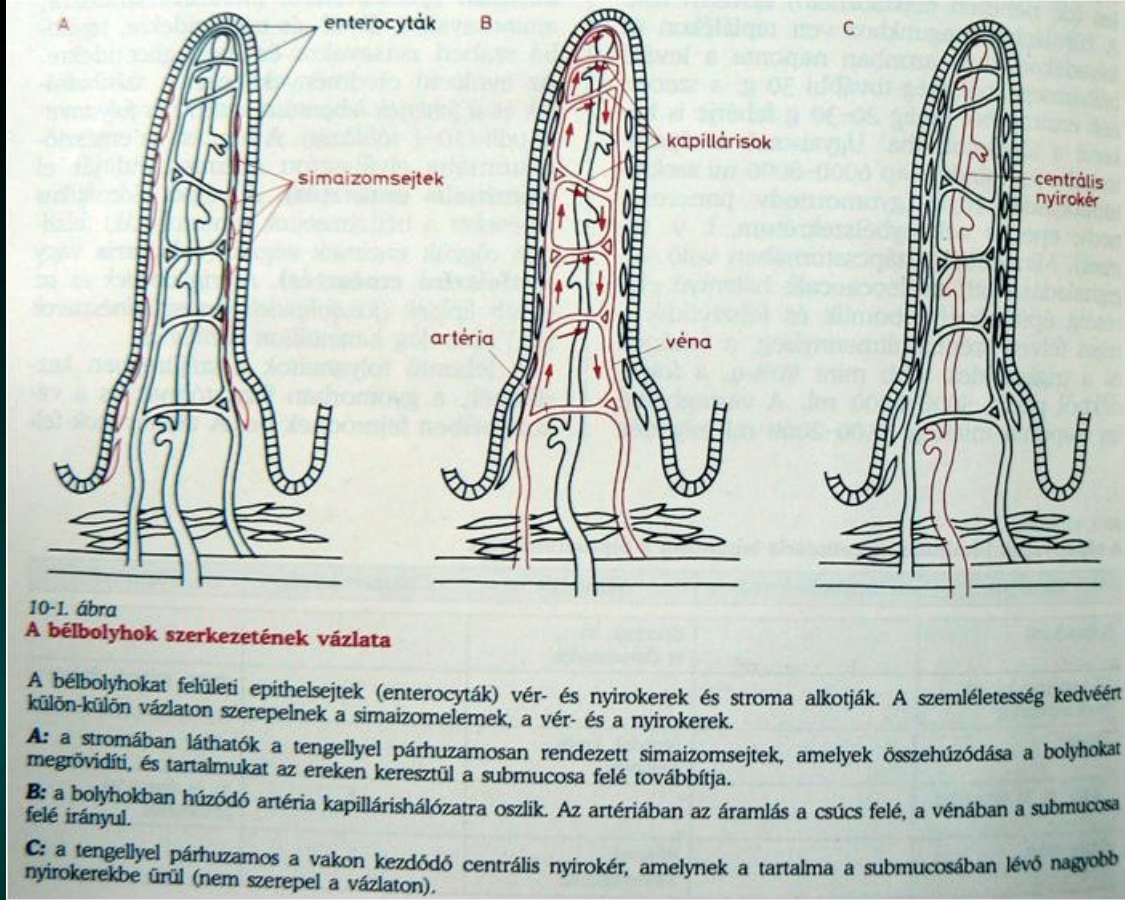
Felszívódás a tápcsatornában

Lumináris és celluláris (enterocyták felszínén) lebontás

Monoszacharidok, zsírsavak, monogliceridek, aminosavak, di- és tripeptidek

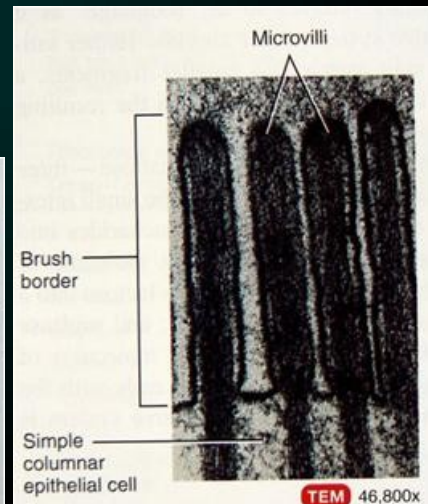
Felszívás: bélbolyhok

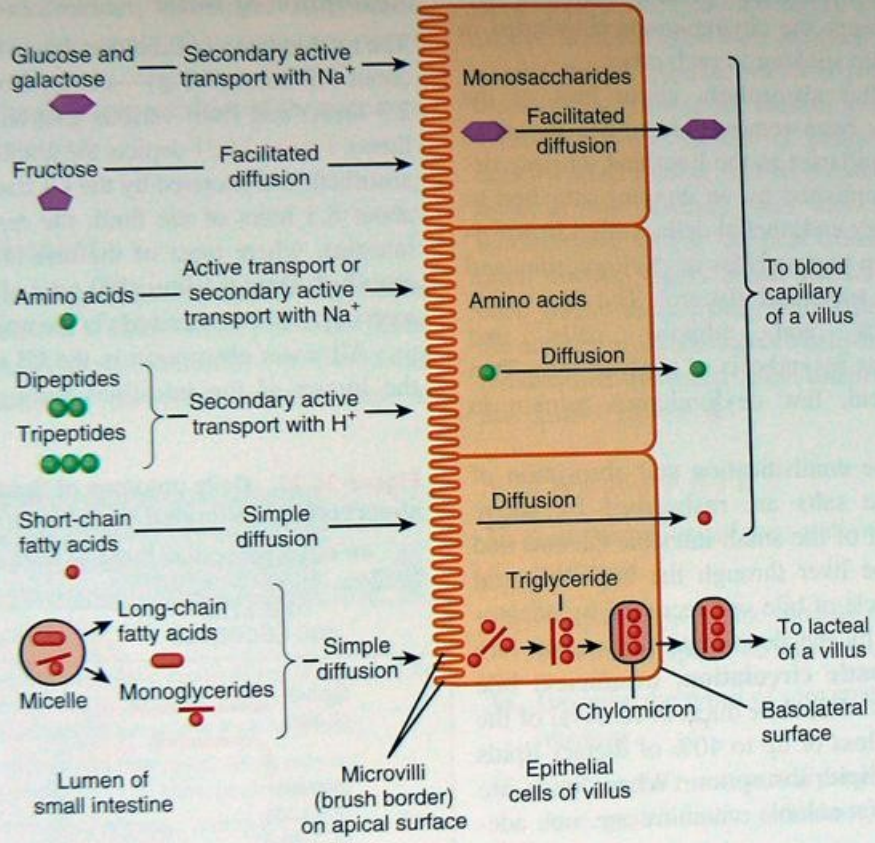
Másodlagos (Na⁺) aktív transzport, facilitált diffúzió, lipidek: micellák az egesavas sókkal,



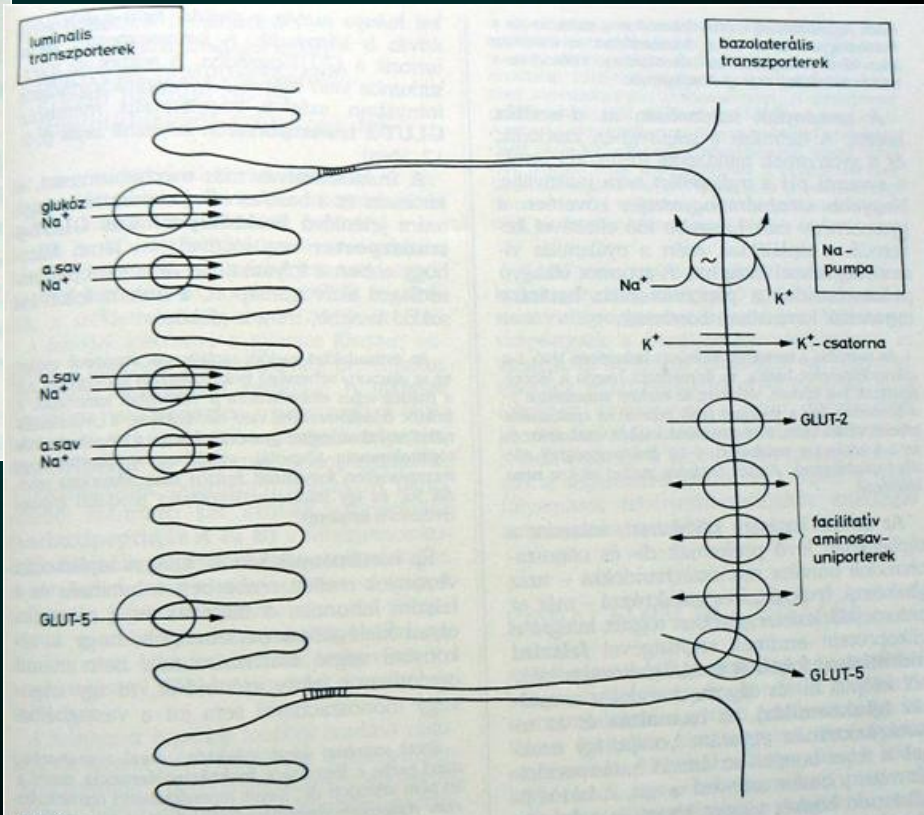
10-1. táblázat
A tápanyagok luminalis és celluláris lebontása a tápcsatornában

Tápanyag	Luminalis bontás	Végtermék	Cellularis bontás	Végtermék
Poliszacharid	+	dextrinek, tri- és diszacharidok	-	
Oligoszacharidok, tri- és diszacharidok	-		+	glukóz, galaktóz, fruktóz
Protein	+	peptidek, kevés aminosav	-	
Oligo-, tri- és dipeptidek	-		+	tri- és dipeptidek, aminosavak
Trigliceridek	+	zsírsavak, 2-monoglicerid	-	





(a) Mechanisms for movement of nutrients through absorptive epithelial cells of the villi



10-3. ábra
Az enterocyták transzportrendszerei

Az enterocyták kefészegélyében helyezkednek el – többek között – a Na^+ -glukóz és a különböző Na^+ -aminosav/oligopeptid kotranszporterek, valamint a fruktóz felszívásáért felelős GLUT-5 transzporter. A basolaterális membránban foglal helyet a Na-pumpa (ami a kotranszporterek számára a Na^+ -gradienst biztosítja), továbbá GLUT típusú és különböző aminosavuniporterek. Ezek közül az aminosavuniporterek a mindenkori gradiensek megfelelően vagy a sejtől kifelé, vagy ellenkezőleg a sejt belseje felé szállítják az aminosavakat.