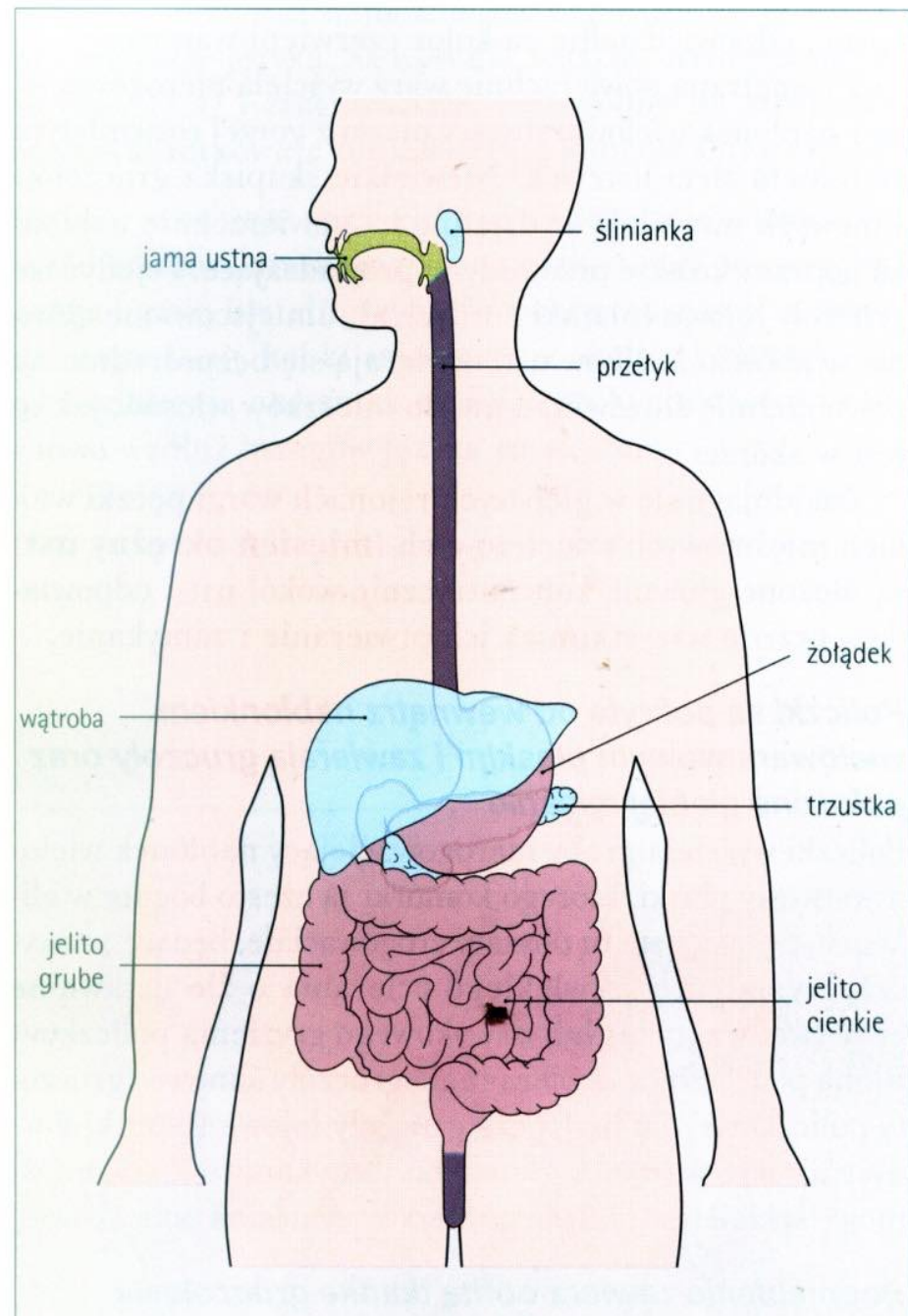


WYKŁAD 6 UKŁAD POKARMOWY

- Trawienie pokarmu
- Wchłanianie produktów trawienia
- Wchłanianie płynów pobranych i zwrotne wchłanianie płynów wydzielanych
- Usuwanie niestrawionych składników pokarmu i produktów przemiany materii
- Odporność (GALT)



Ogólna budowa przewodu pokarmowego

Błona śluzowa, podśluzowa, mięśniowa, zewnętrzna

błona śluzowa (mucosa): budują ją kolejno:

- *nabłonek* (epithelium)
- *blaszka właściwa* (lamina propria) łącznotkankowa
- *mięśniówka błony śluzowej* (muscularis mucosae) – cienka warstwa mięśniówki gładkiej, której skurcz powoduje sfaldowanie błony śluzowej

błona podśluzowa (submucosa) – tkanka łączna, naczynia krwionosne i limfatyczne, włókna nerwowe

Ogólna budowa przewodu pokarmowego

Błona śluzowa, podśluzowa, mięśniowa, zewnętrzna

błona mięśniowa:

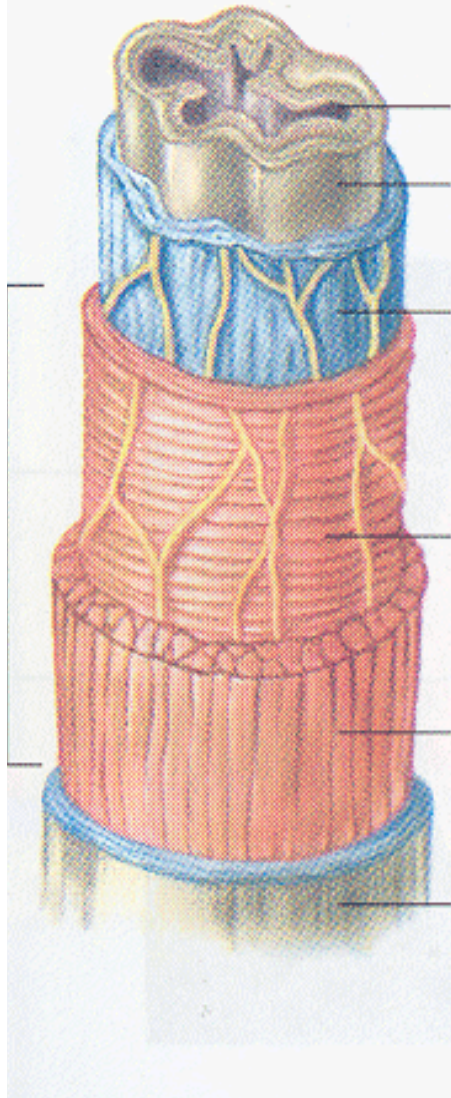
2 warstwy mięśniówki gładkiej (wyjątek – przełyk,) wewnętrzna okrężna, zewnętrzna podłużna.

błona zewnętrzna (przydanka):

włóknista (w odcinkach leżących zewnątrzotrzewnowo - przełyk)

surowicza (w odcinkach leżących **wewnątrzotrzewnowo**- żołądek, jelito) – zbudowana z tkanki łącznej, w przypadku błony surowiczej pokryta dodatkowo nabłonkiem jednowarstwowym płaskim (międzybłonkiem –otrzewną).

Błona śluzowa Nabłonek

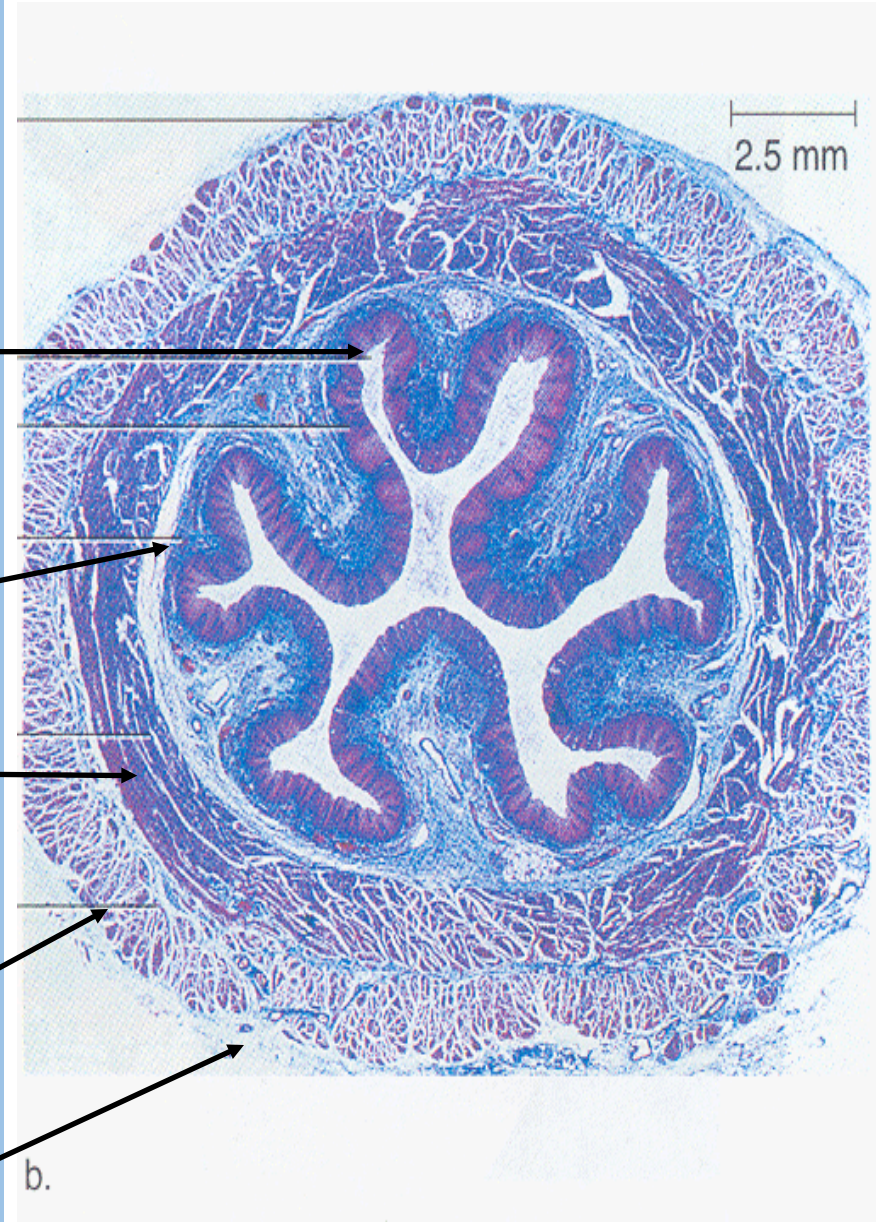


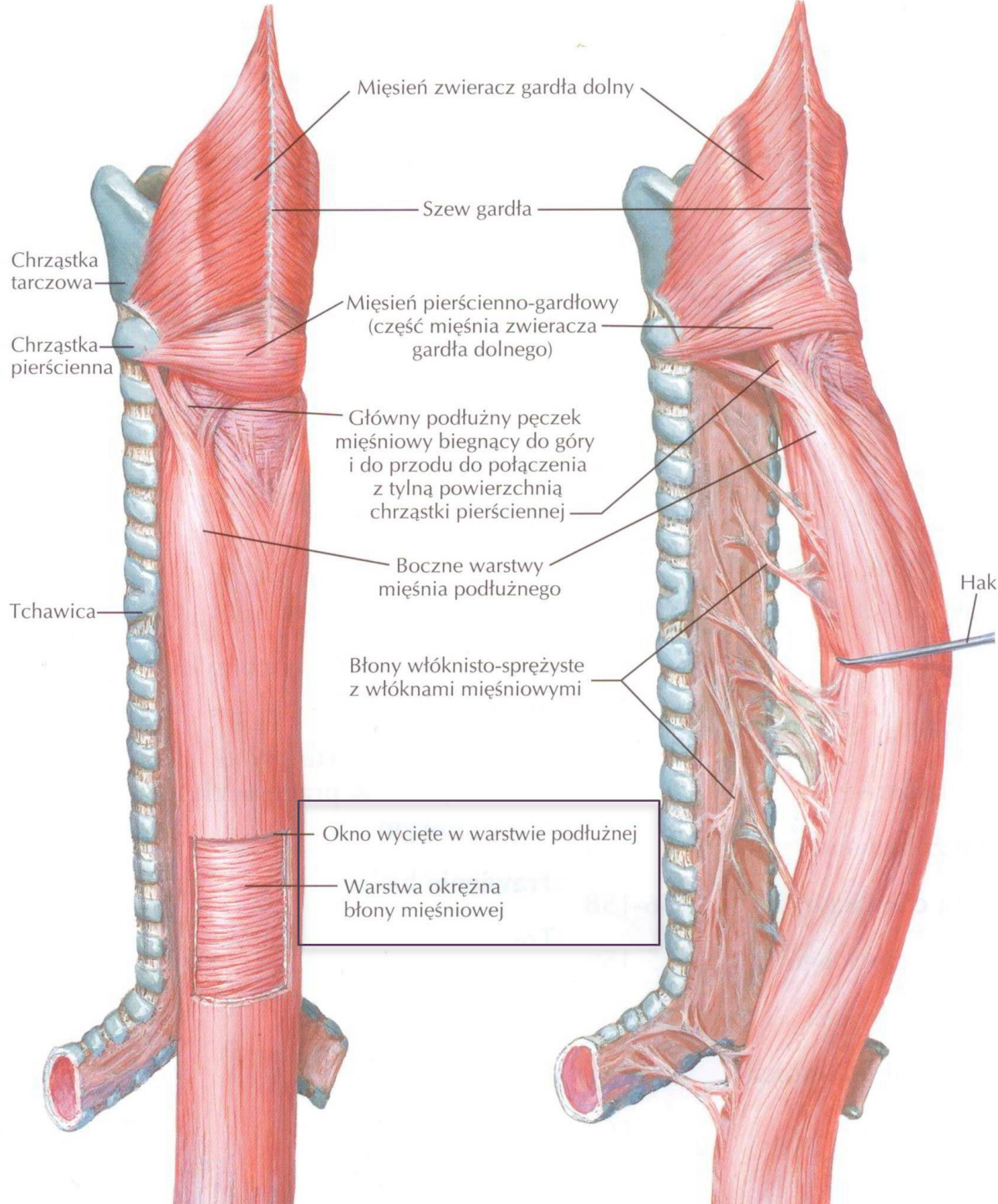
b. podśluzowa

m. okrężne

m. podłużne

b. zewnętrzna



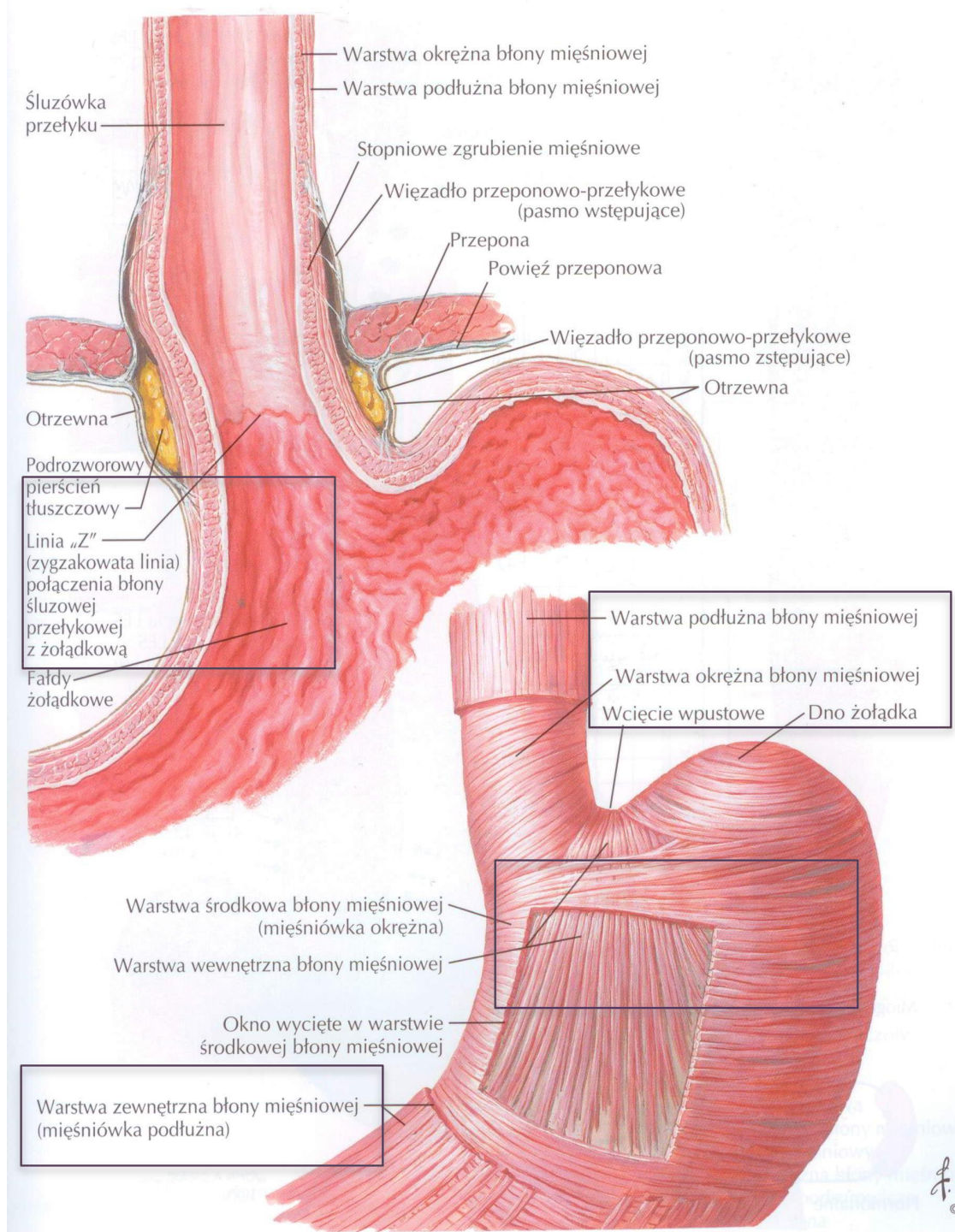


PRZEŁYK

Lokalizacja – Tył tchawicy między gardłem a żołądkiem

Przesuwa pokarm i płyny na drodze perystaltyki

Mięśniówka trzeciej części
 Górnej – typ szkieletowy
 Środkowej – mieszany
 Dolnej – typ gładki



Mięśnikówka dolnej części – **Pogrubiona** – **DOLNY ZWIERACZ PRZEŁYKU – LES** **LOWER ESOPHAGEAL** **SPHINCTER**

Warstwa wpustowa

–
Rozluźnia się

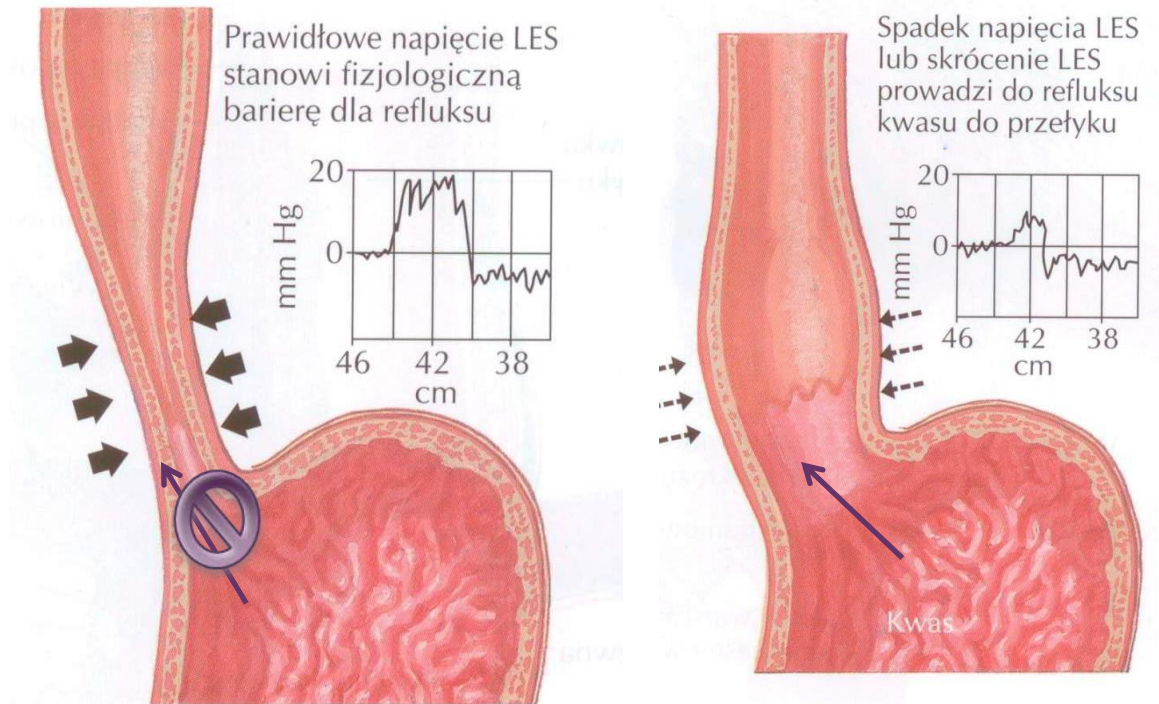
Trzy warstwy
mięśniowe

Perystaltyka przełyku – po każdej akcji połykania

Połykanie– kontrolowane jest przez eferentne włókna nerwów błędnych
Te włókna tworzą synapsy z neuronami mięśniówkowego spłotu przełyku.

Włókna wywołują – rozkurcz / skurcz
mięśniówki przełyku

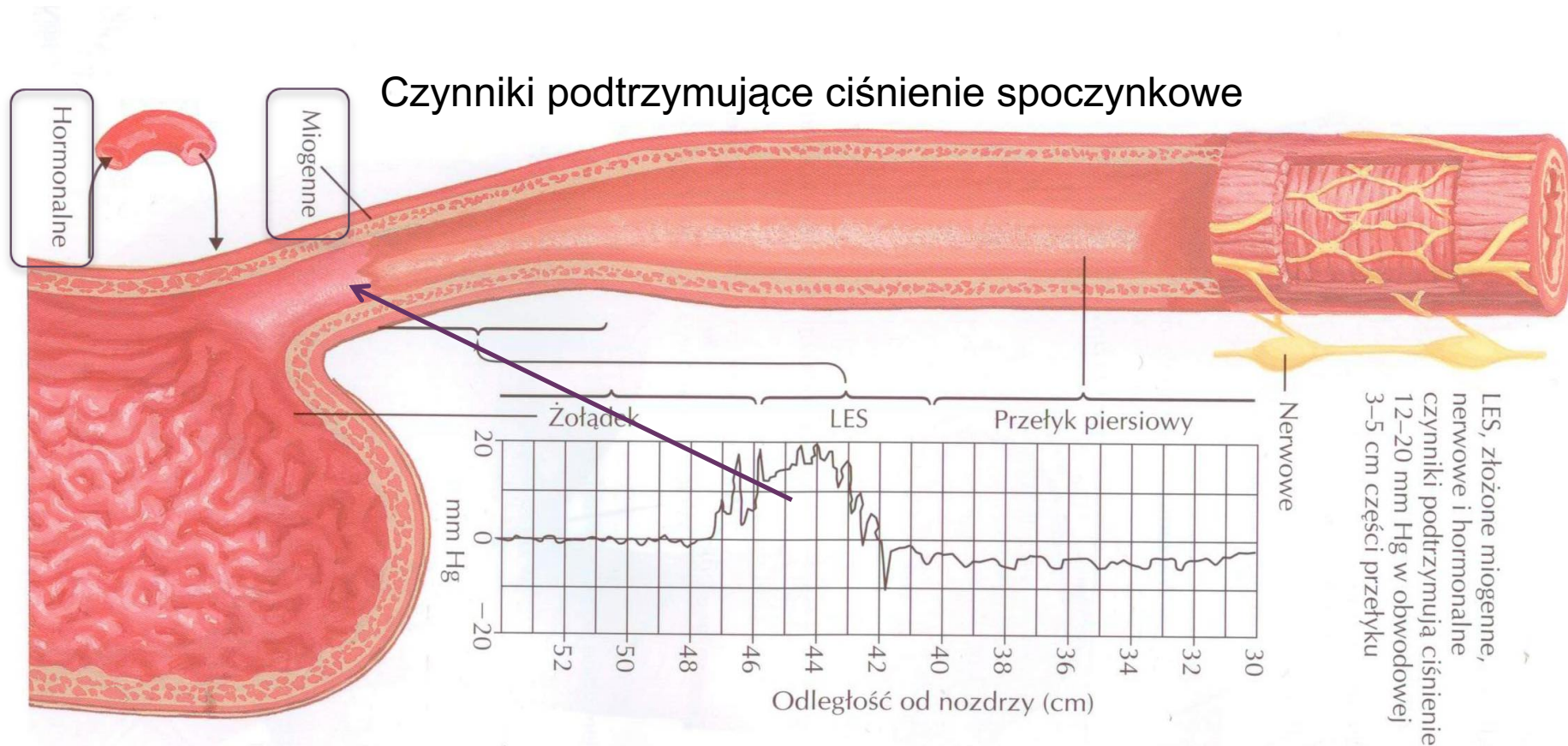
**Dolny zwieracz
przełyku –
wysokie
ciśnienie
spoczynkowe**



W czasie gdy fala przesuwa kęs pokarmowy do żołądka uwalniają się neurotransmitery z neuronów splotu mięśniowego

- NO
- WAZOAKTYWNY PEPTYD JELITOWY (VIP)

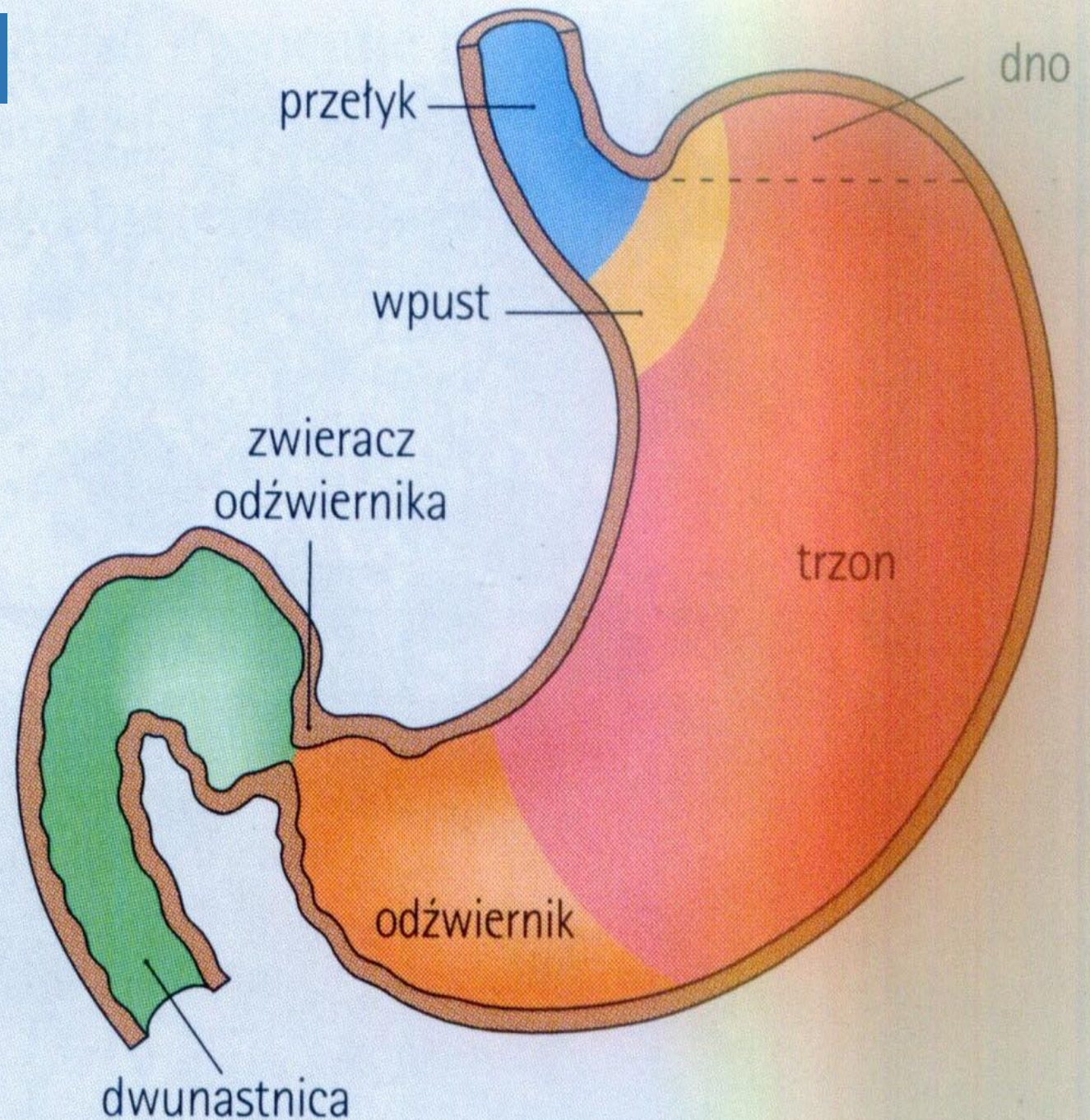
Powodują rozkurcz LES



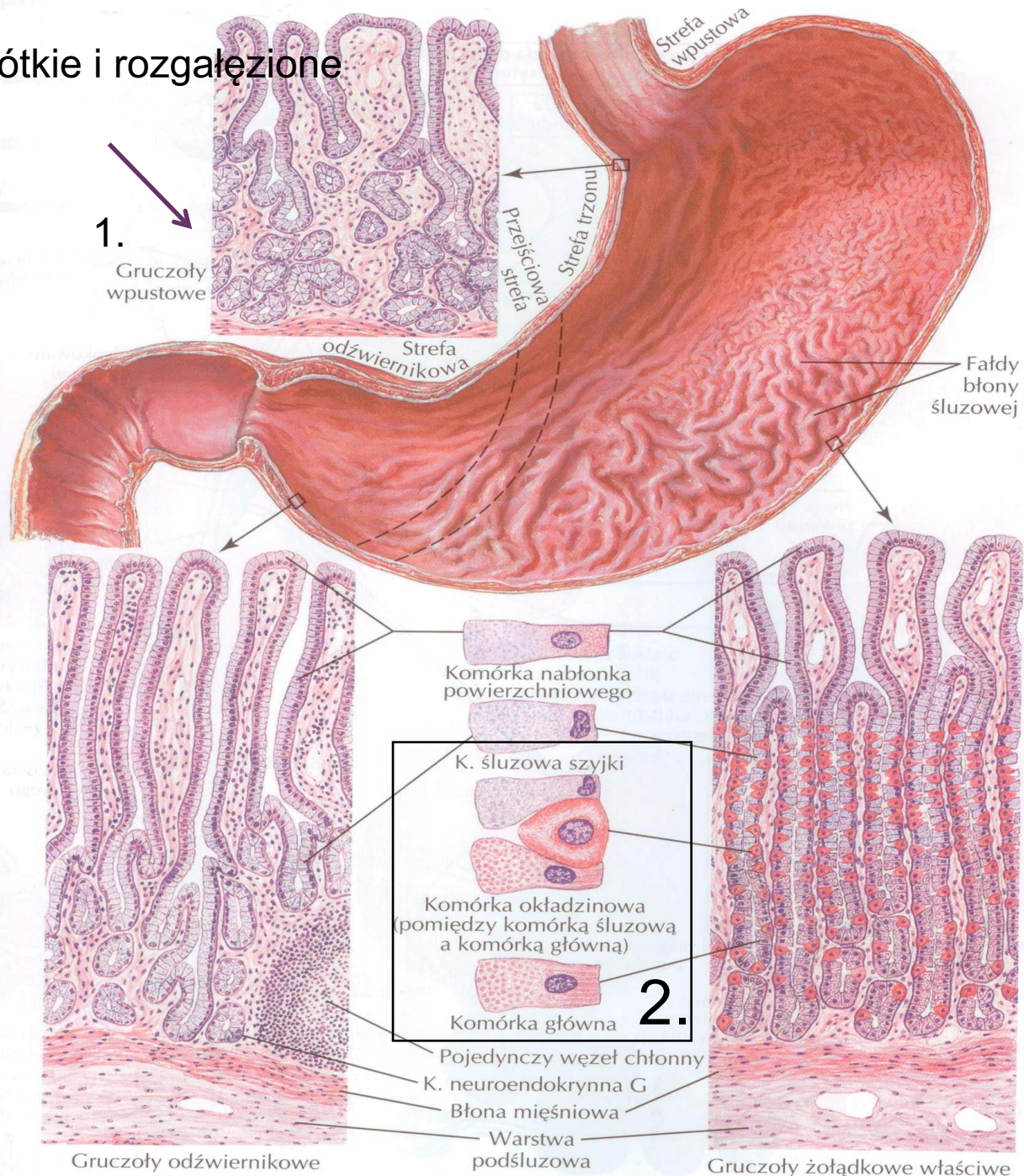
Rozkład ciśnienia w funkcji odległości od nozdrzy

Żołądek – budowa anatomiczna

- Składa się z:
 - wpustu,
- trzonu z dnem
- odźwiernika.



Krótkie i rozgałęzione



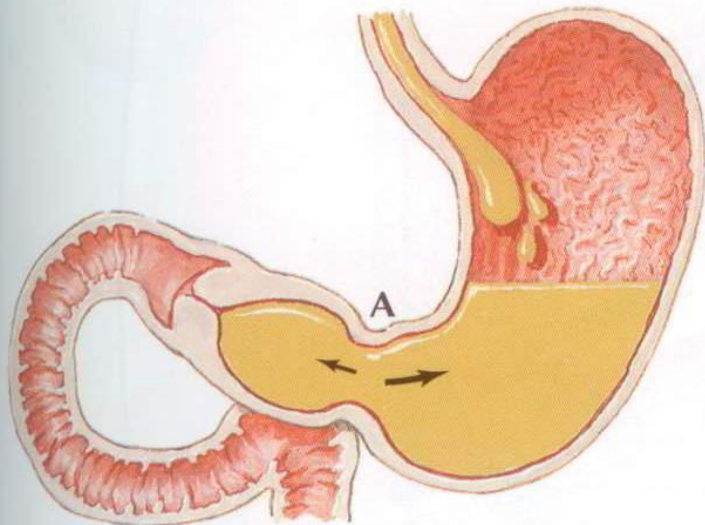
Powierzchnia wewnętrzna jest pofałdowana

Nabłonek tworzy dołeczki z uchodzącymi do nich gruczołami (dołeczki powiększają powierzchnię wydzielniczą żołądka)

1. **Gruczoły wpustowe** – komórki śluzowe wydzielają płyn o **niskiej zawartości śluzu** – umożliwia upłynnianie zawartości żołądkowej; **komórki G** – **wydzielają gastrynę**
2. **Gruczoły właściwe** – komórki śluzowe **oraz komórki okładzinowe** (wydzielają HCl i czynnik wewnętrzny) , **komórki główne** (wydzielają pepsynogen)

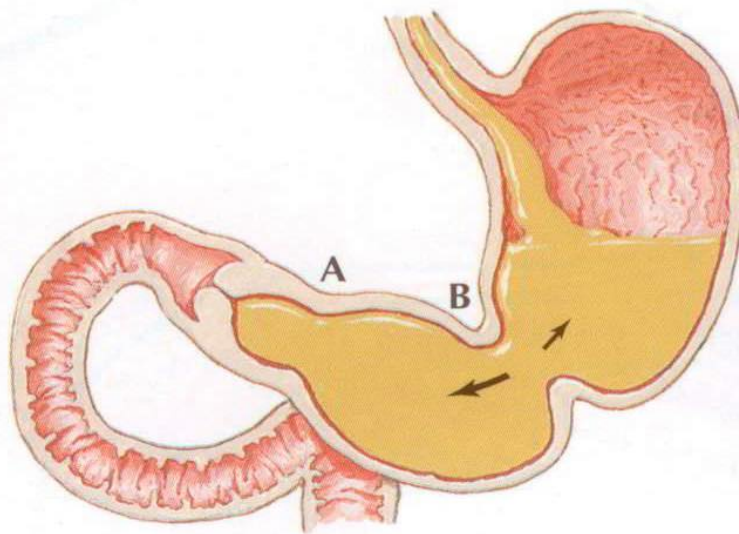
A zanika jeśli zwieracz jest zamknięty

A-słaba fala perystaltyczna



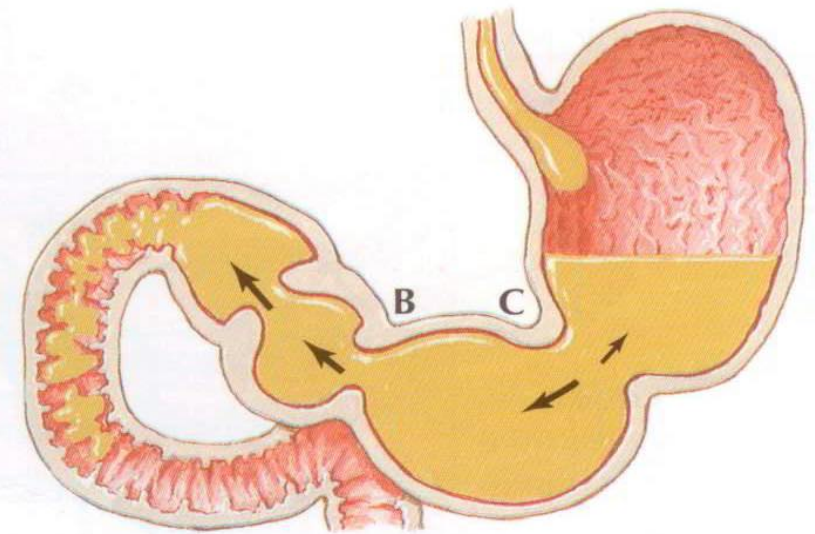
od odźwiernika do zwieracza

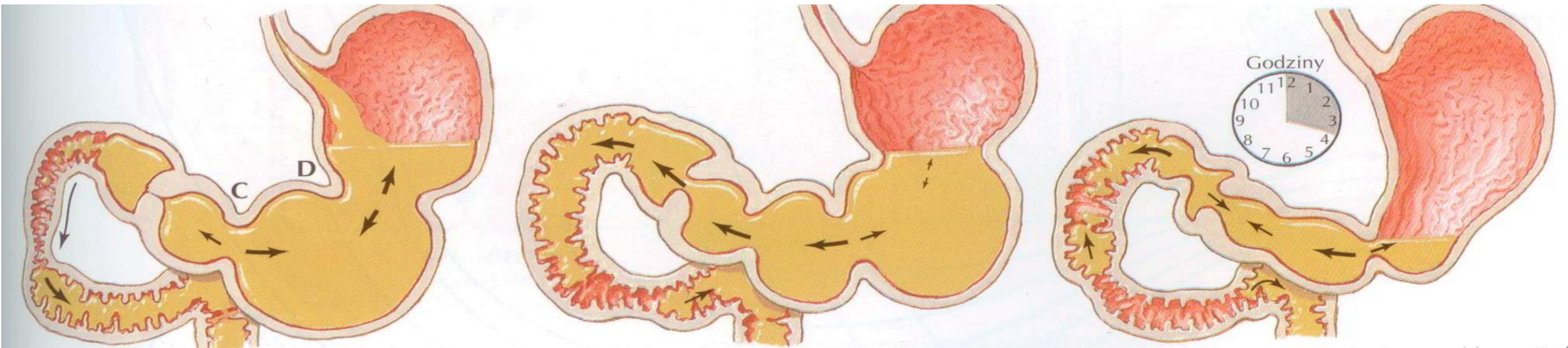
Fazy motoryki żołądka



Fala B od wcięcia żołądka

Zwieracz otwiera się gdy fala B zbliża się do niego





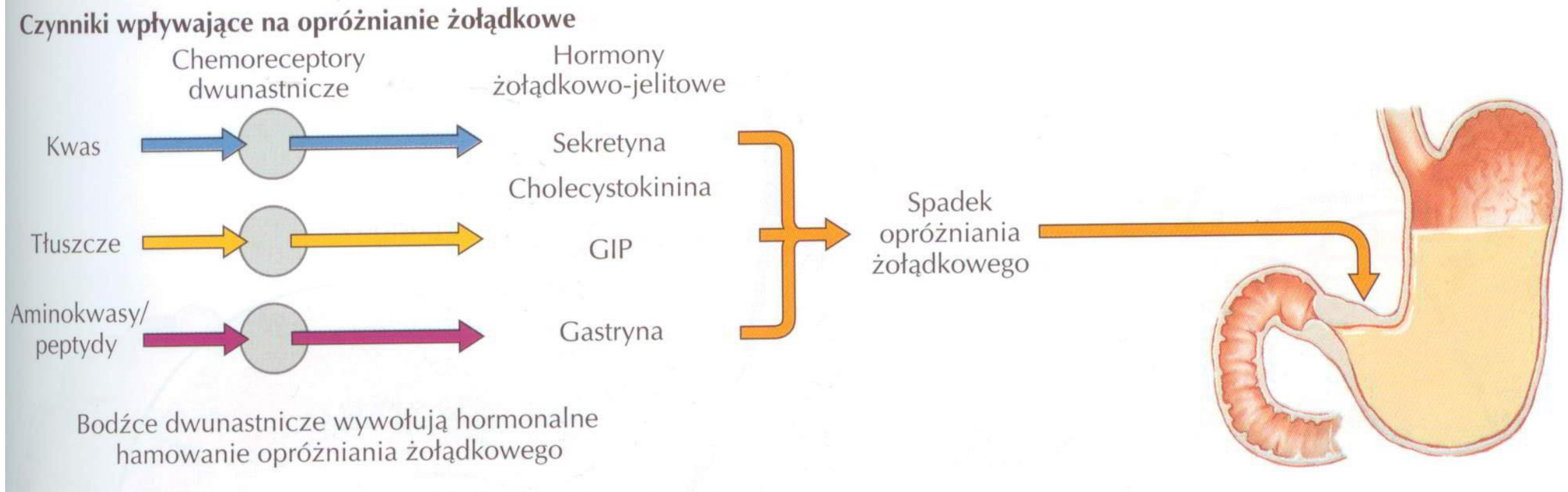
z dwunastnicy – możliwość cofania do jamy odźwiernika w wyniku działania fali antyperystaltycznej

Kontrola nerwowa i hormonalna - w czasie połykania uwalniany jest **VIP** , który rozkurcza podwpuścową część żołądka.

Mieszanie i rozdrabnianie – w wyniku skurczów rozpoczynających się w połowie żołądka i wędrujących w kierunku odźwiernika

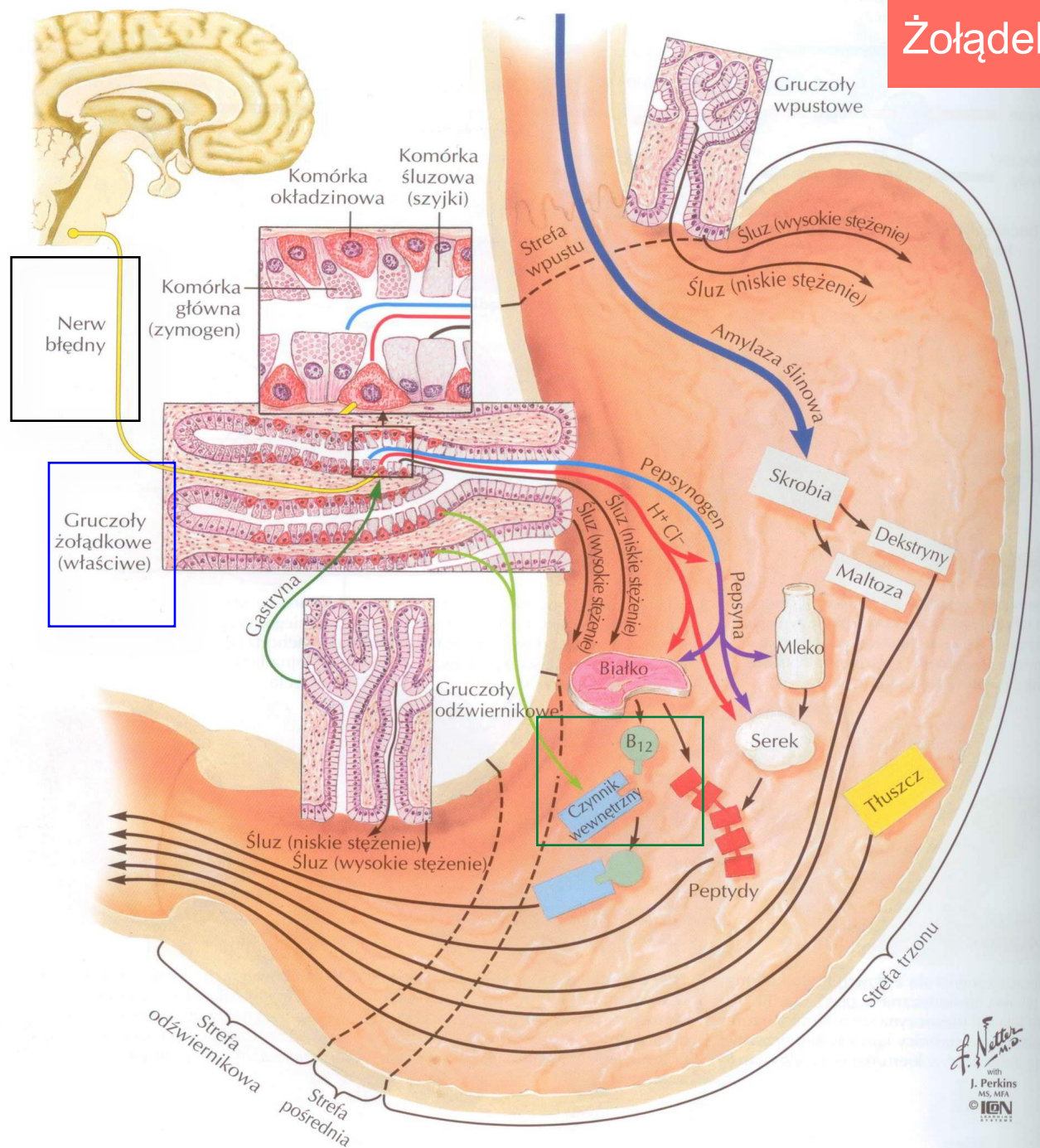
Opróżnianie żołądka do dwunastnicy; węglowodany najszybciej, białka, tłuszcze

MOTORYKA ŻOŁĄDKA



Opróżnianie żołądka – kontrolowane przez hormony dwunastnicy i jelita czczego

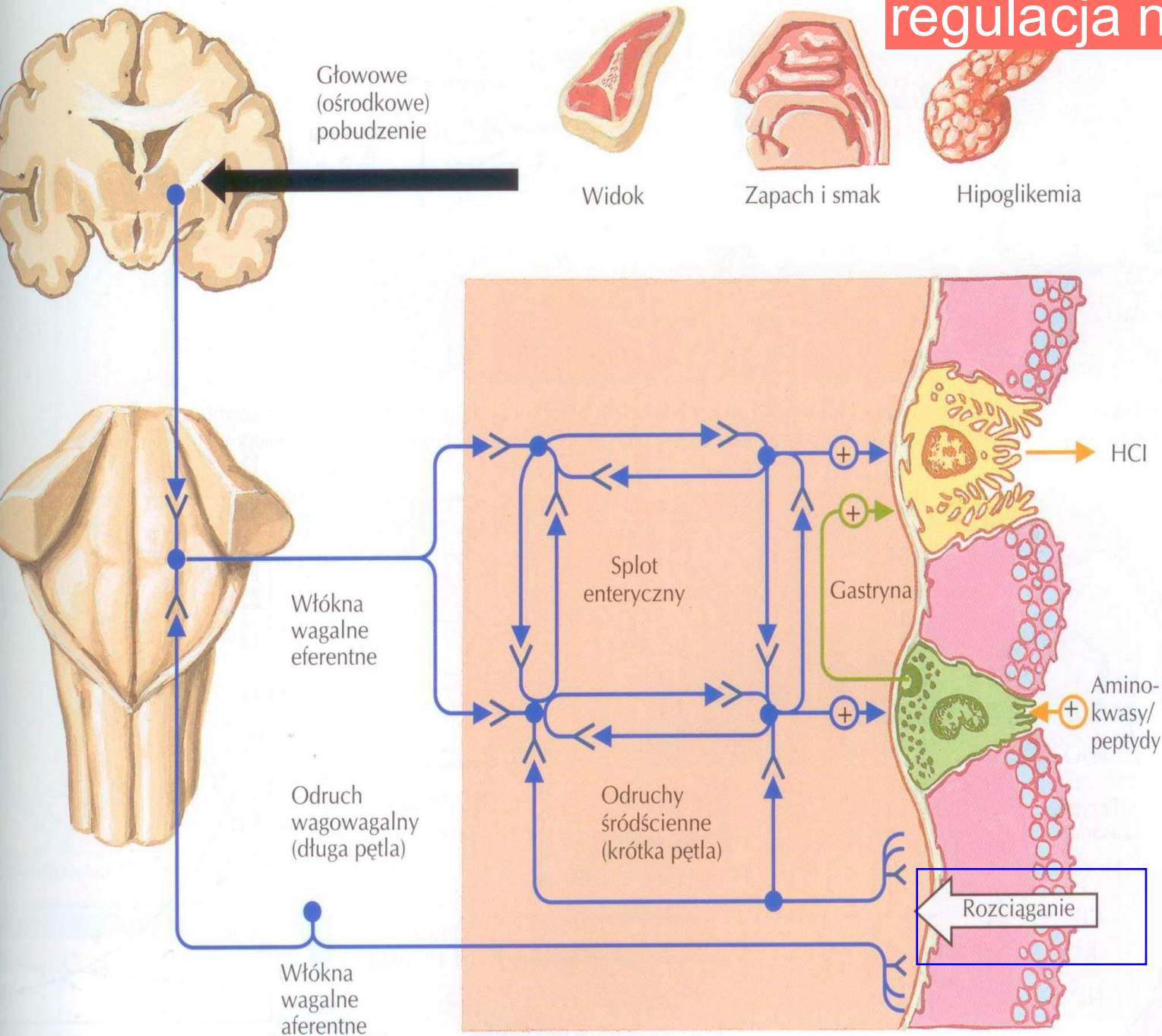
Żołądek – rozdrabnianie pokarmu na mniejsze fragmenty



-Początek trawienia enzymatycznego białek dzięki działaniu:
-Pepsyny
-HCl

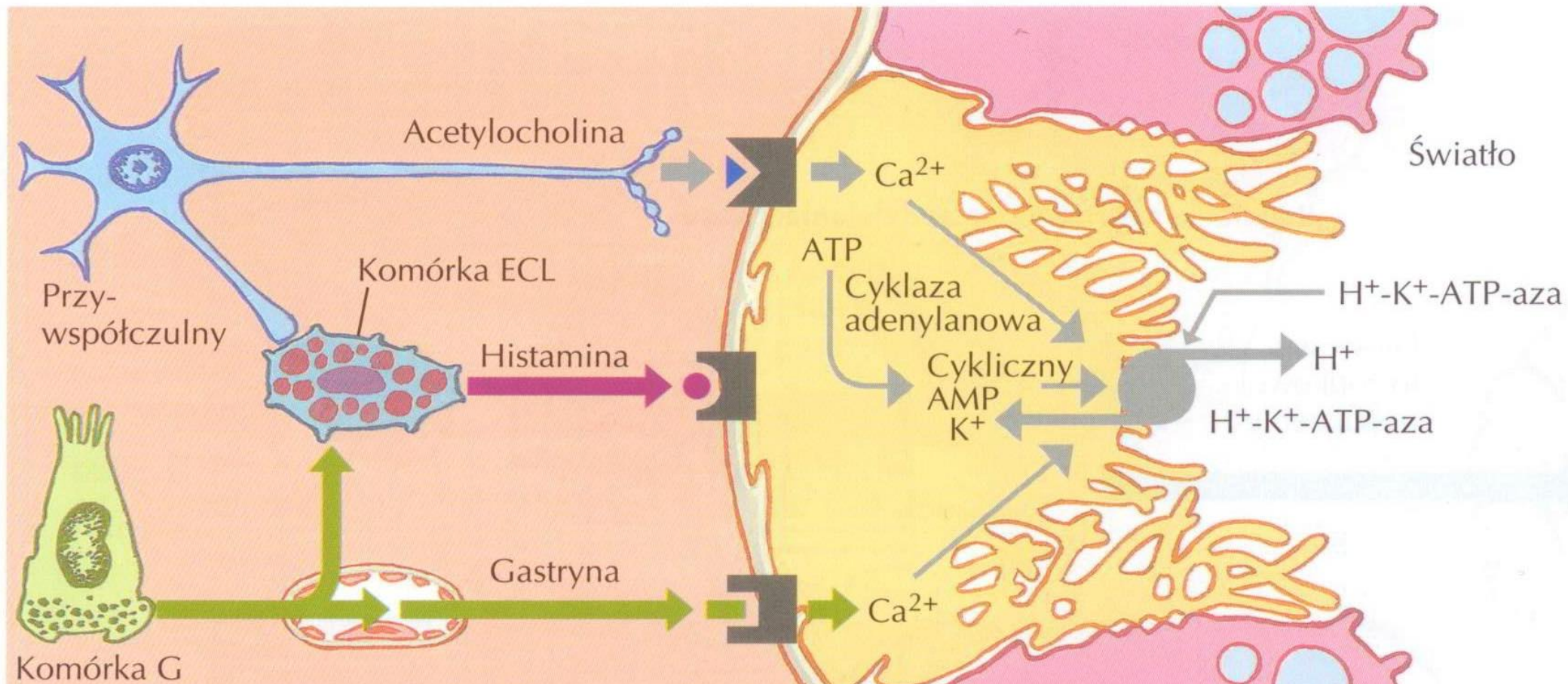
Węglowodany podlegają dalszemu trawieniu przez **amylazę ślinową**
Tłuszcze w niewielkim stopniu trawione są przez **lipazę żołądkową**

Komórki okładzinowe – czynnik wewnętrzny – wiąże witaminę B12 i umożliwia jej wchłanianie w jelicie krętym



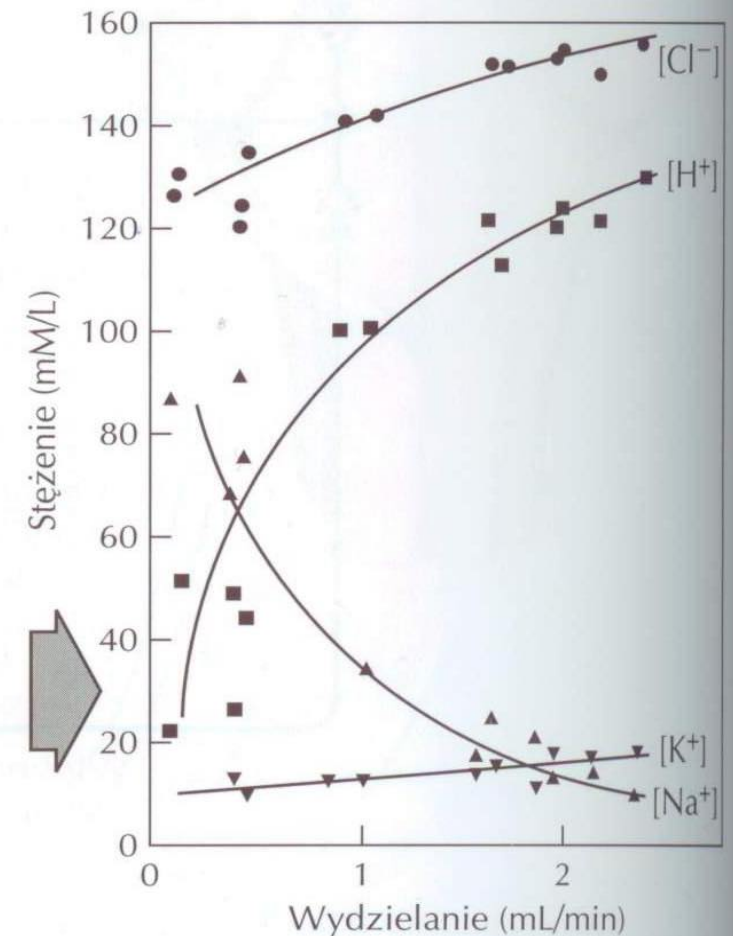
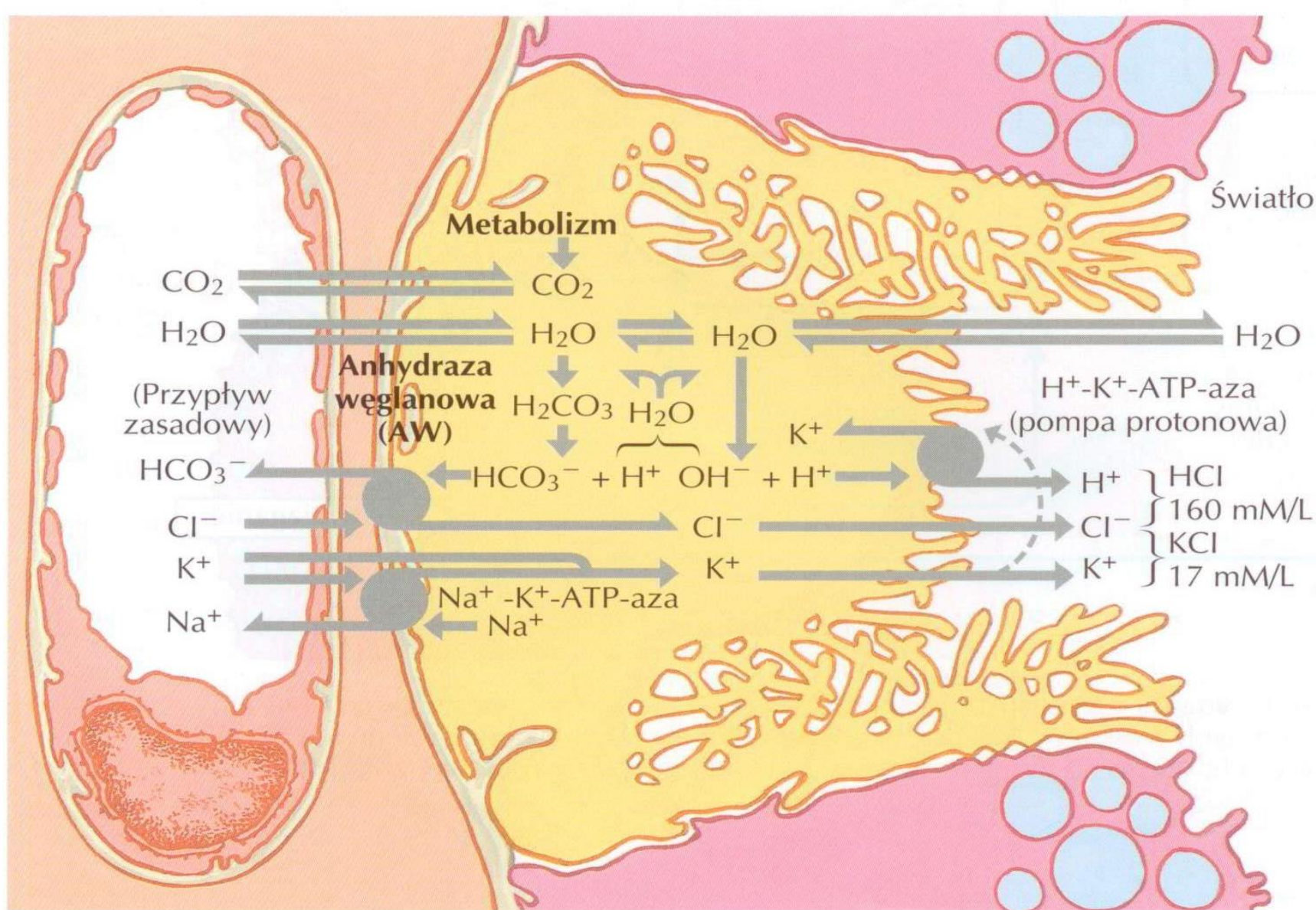
Wydzielanie żołądkowe jest regulowane przez nerw błędny należący do AUN.

Wydzielanie kwasu – przez ośrodkowe pobudzenie, za pośrednictwem eferentnych włókien wagalnych i splotu enterycznego oraz **śródsściennych i wagowagalnych odruchowych**, wywołanych przez rozciąganie części odżwiernikowej żołądka



Komórki okładzinowe wydzielają HCl przy udziale enzymu, H^+ , K^+ ATPazy (pompa H^+) obecnego w błonie kanalików śródkomórkowych.

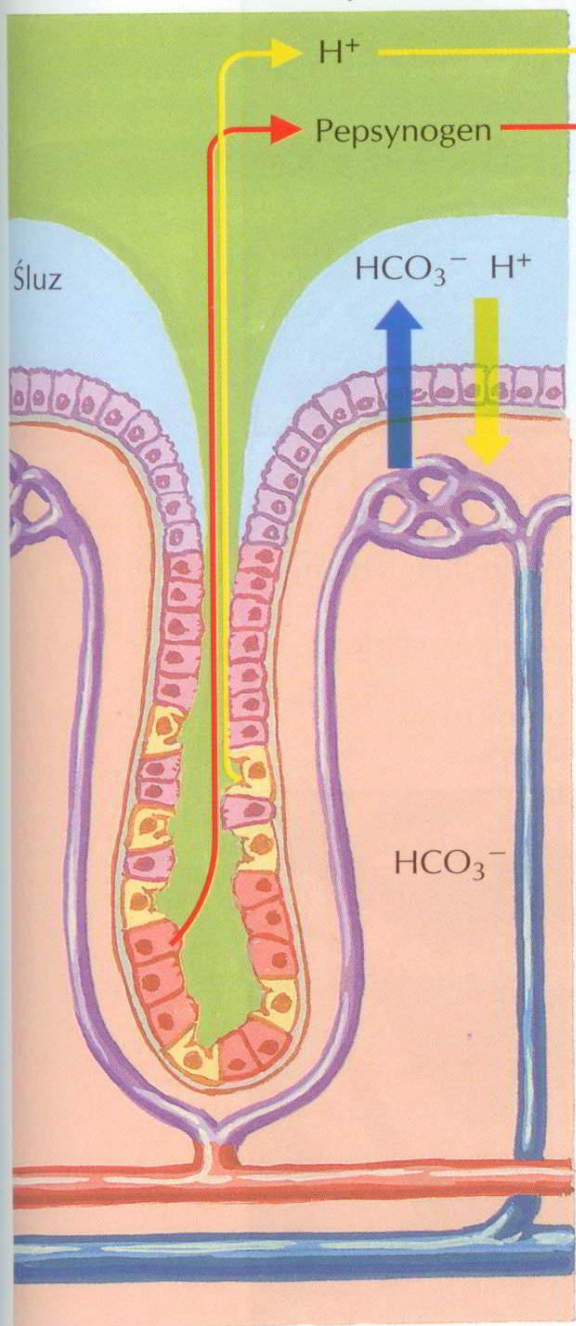
W wydzielaniu biorą udział mechanizmy neurokrynne, parakrynne i dokrewne. Komórki są pobudzane do wydzielania za pośrednictwem **eferentych włókien nerwowych błędnych, gastryny i histaminy.**



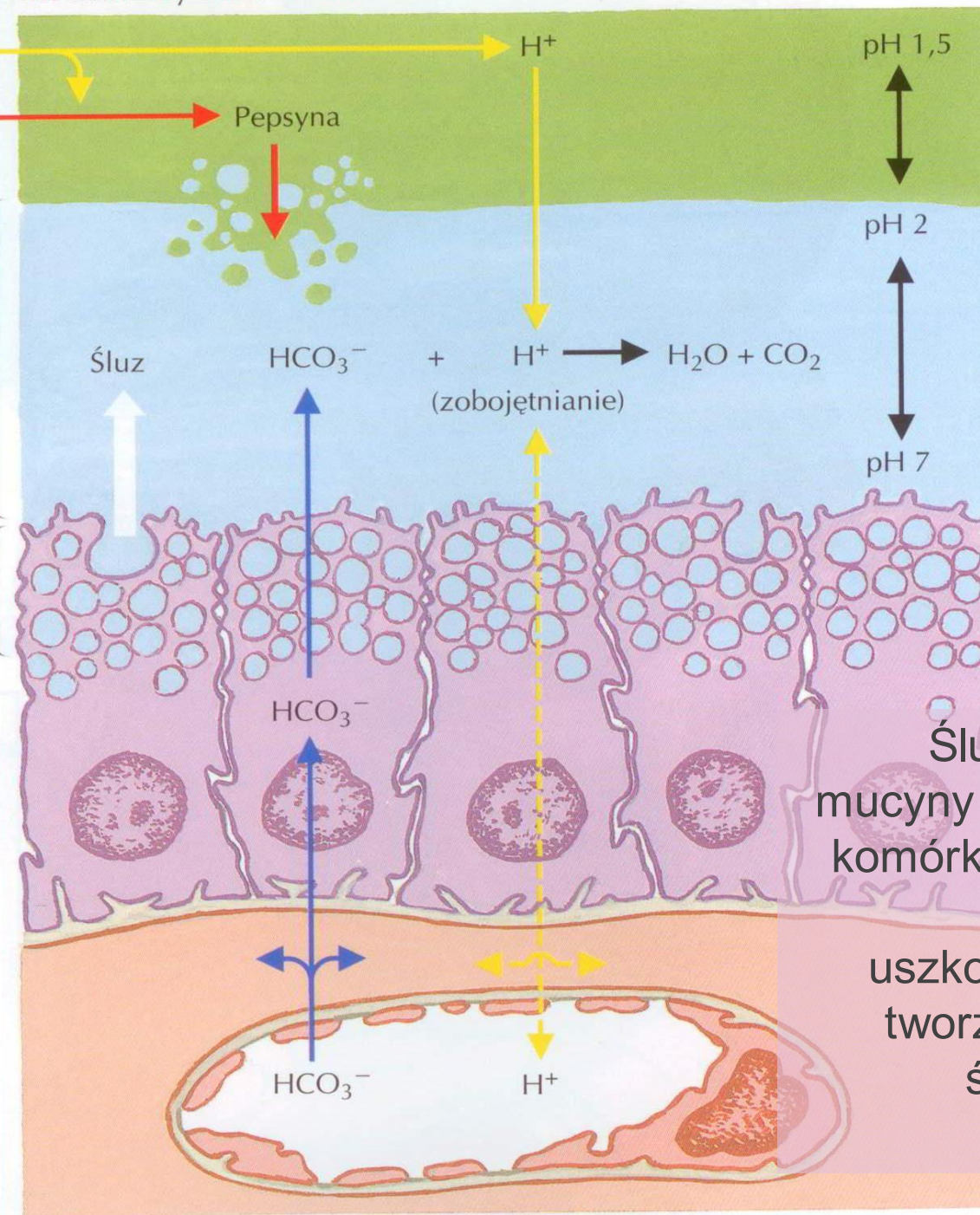
Stężenie jonów w soku żołądkowym jako funkcja objętości wydzielania

Anhydraza węglanowa katalizuje uwodnienie *dwutlenku węgla* do *kwasu węglowego*, który jest źródłem jonów H^+ .

śluzówkowe mechanizmy ochronne



Mechanizmy śluzówkowe



Śluz o wysokiej zawartości mucyny jest produkowany przez komórki nabłonka powierzchni i chroni żołądek przed uszkodzeniem przez jony H⁺, tworząc względnie alkaliczne środowisko dla komórek nabłonkowych.

Jelito cienkie

Składa się z trzech kolejnych odcinków:

dwunastnicy,

jelita czczego

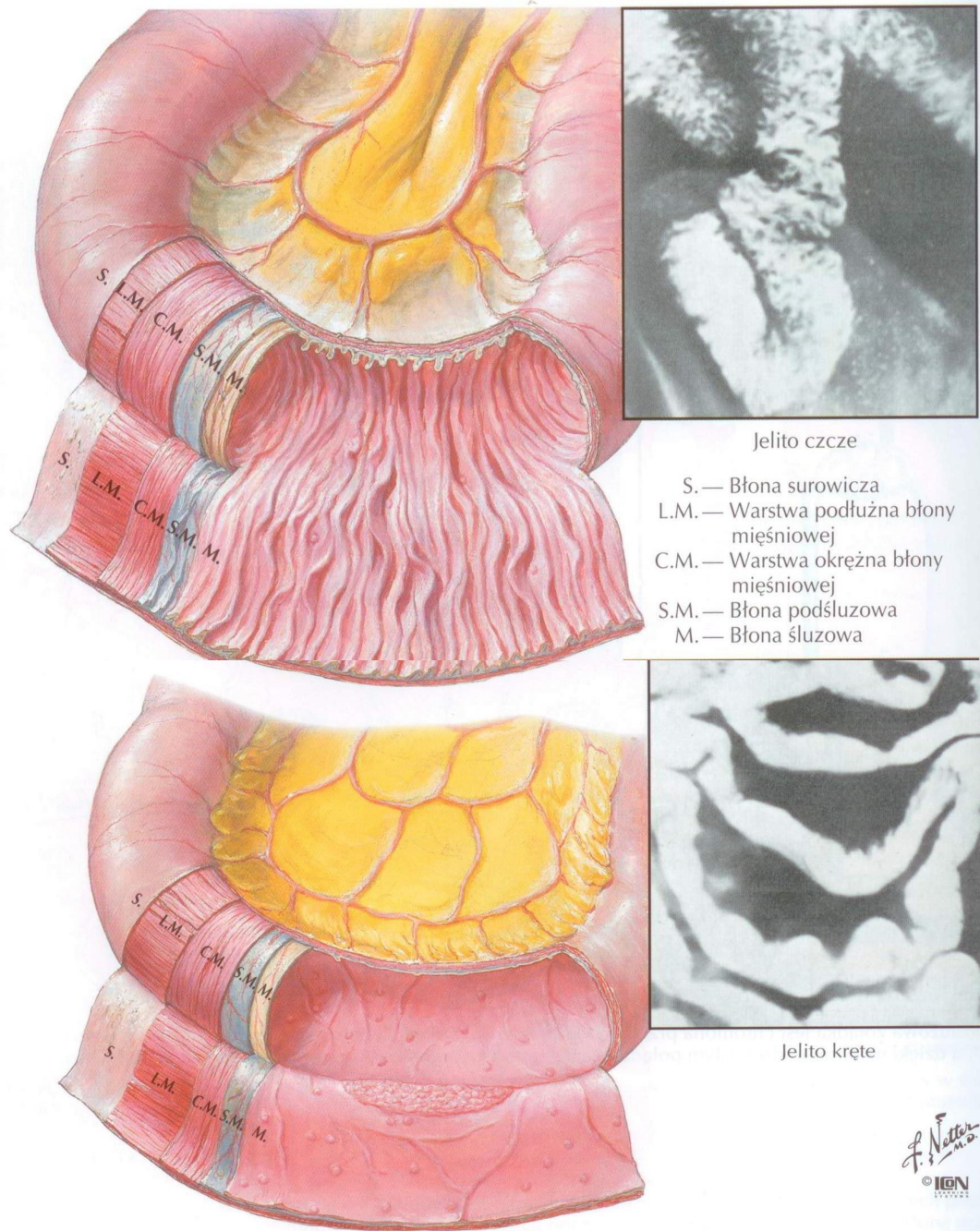
jelita krętego.

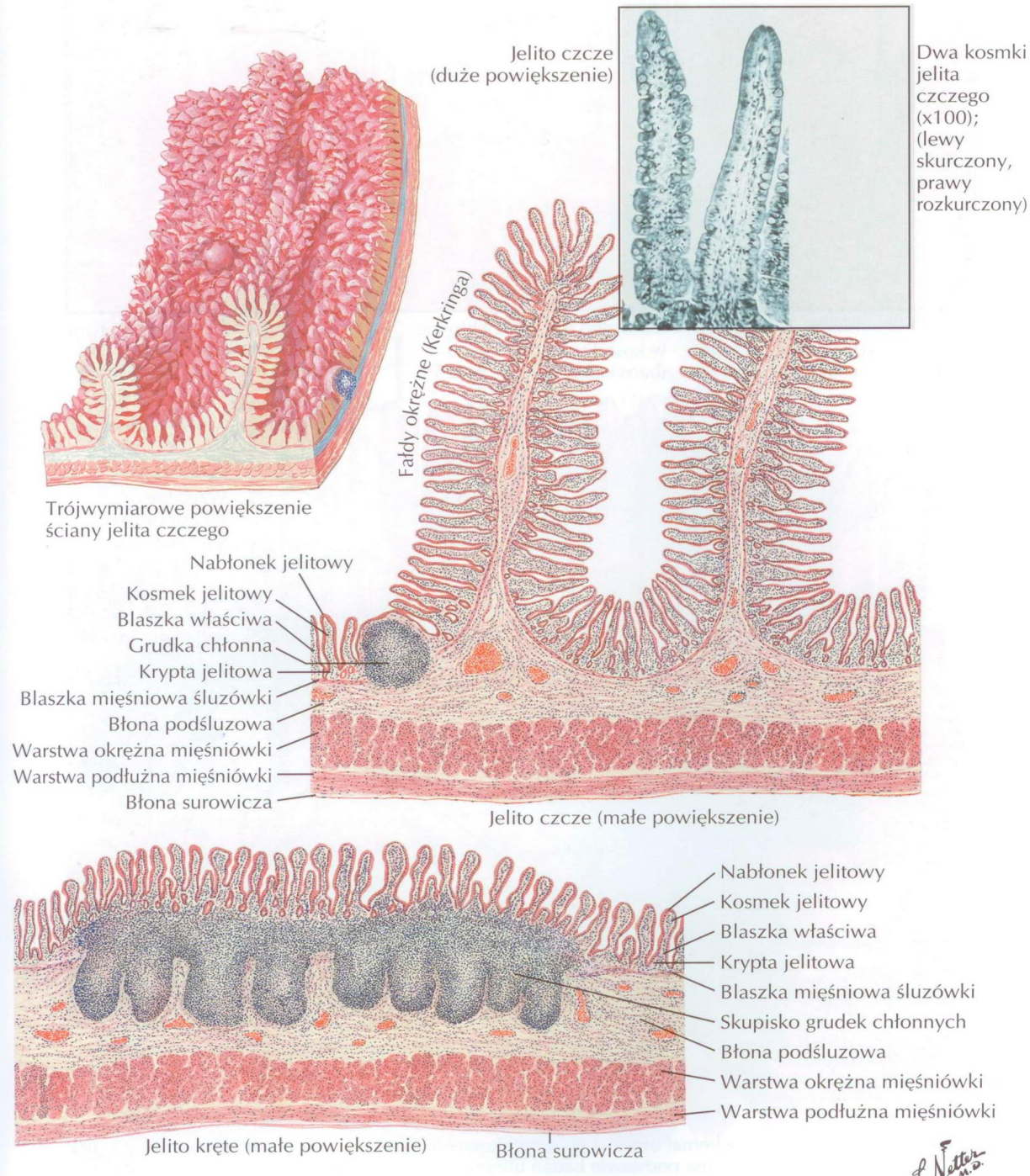
Zachodzą w nim główne procesy trawienia pokarmu – białek, tłuszczów, węglowodanów i kwasów nukleinowych

Dwunastnica – 25 cm

Czcze i kręte 6-7 m

Czcze $\frac{2}{5}$ tej długości

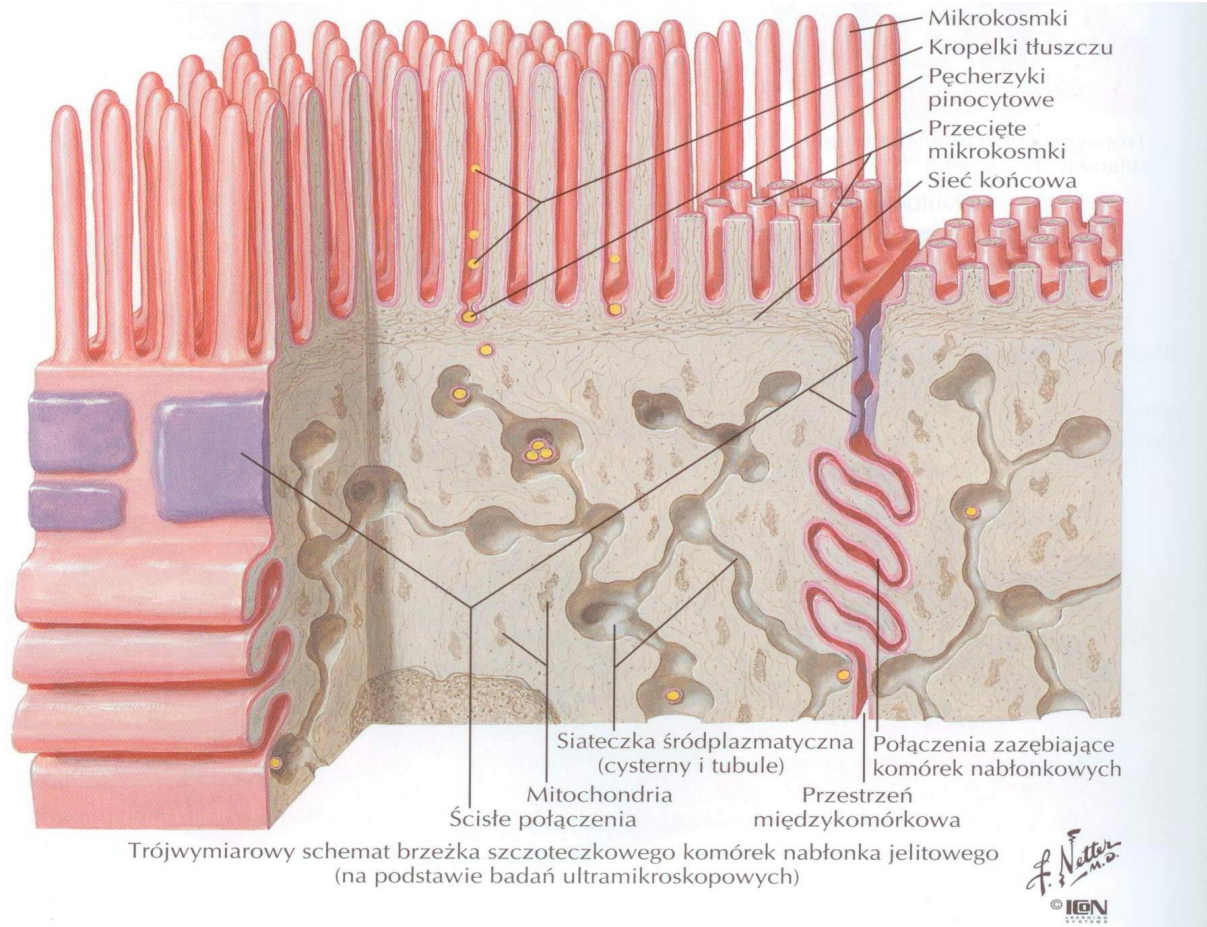




Kosmek jelitowy: palczasta wypustka błony śluzowej (ok. 1mm), pokryta nabłonkiem jelitowym.

Zrąb kosmka tworzy bogato komórkowa tkanka łączna wiotka, w której znajduje się

- sieć naczyń włosowatych,
- ślepo zakończone naczynie limfatyczne i
- pęczek komórek mięśniowych gładkich odchodzący od muscularis mucosae ("pompowanie" limfy).



Nabłonek pokrywający kosmki i krypty zawiera kilka typów komórek:

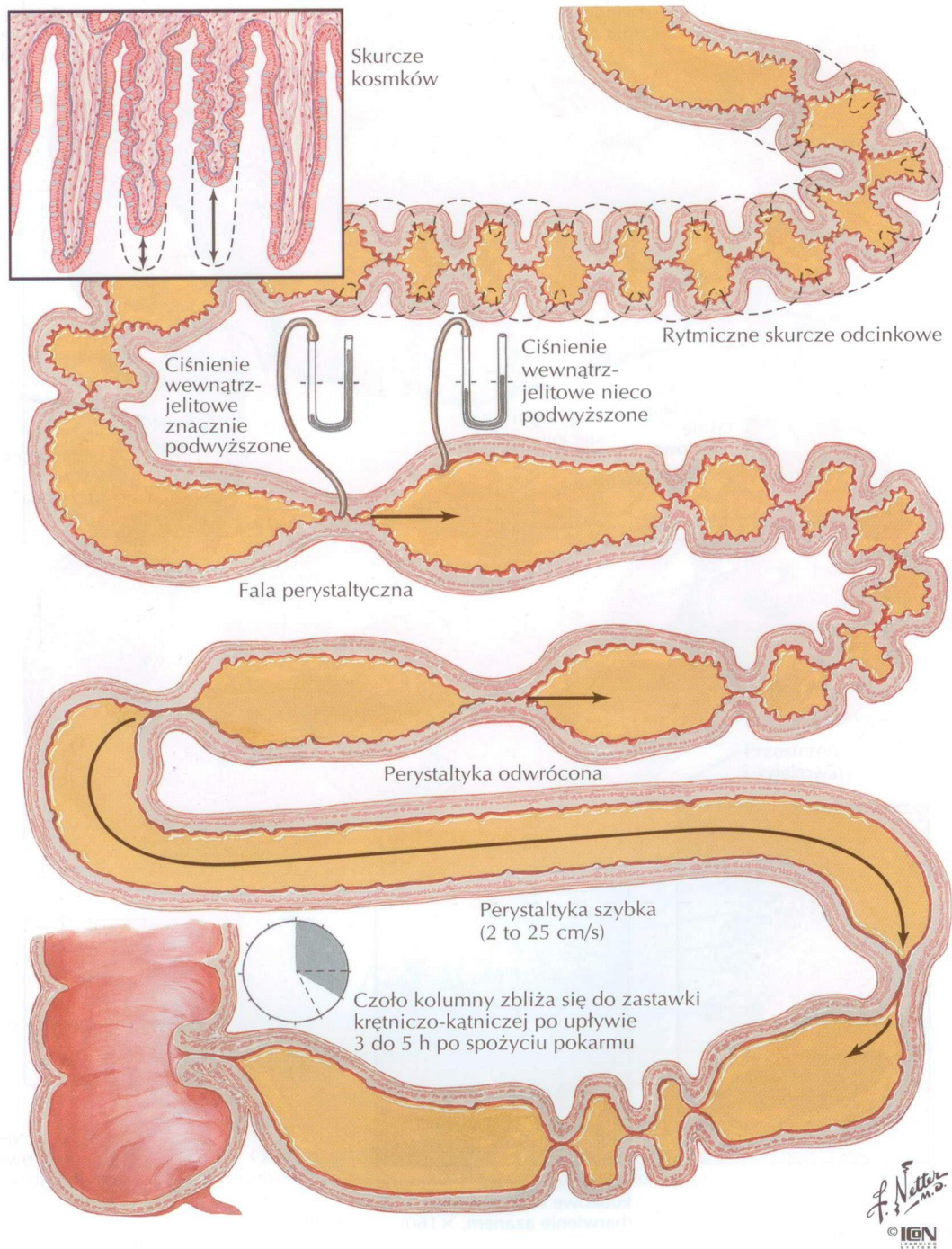
(1) **ENTEROCYTY** komórki z brzeżkiem szczoteczkowym, których zadaniem jest **wchłanianie produktów trawienia i przekazywanie ich do naczyń krwionośnych i limfatycznych**

(2) **KOMÓRKI KUBKOWE** wydzielające śluz,

(3) **KOMÓRKI DOKREWNE** produkujące hormony peptydowe: **serotoninę, sekretynę, somatostatynę, enterogastron, VIP**

(4) **komórki niezróżnicowane (macierzyste, pnia)**, odpowiedzialne za regenerację nabłonka,

(5) **komórki Panetha**, (w dnie krypty), produkujące substancje antybakteryjne (defensyny) i antypasożytnicze.

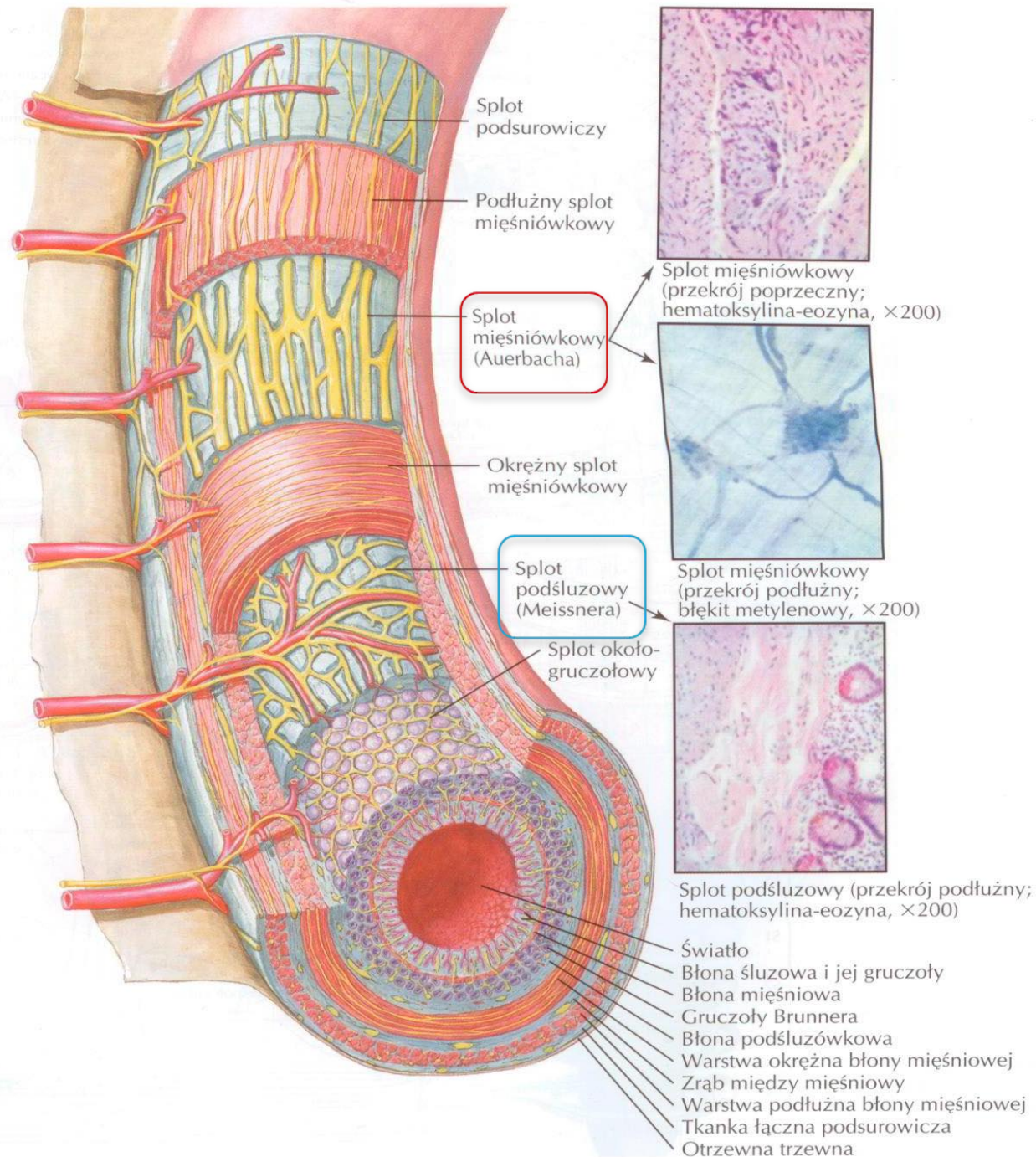


Jelito cienkie wykazuje dwa rodzaje skurczów:

- Segmentowe, mieszające i rozdrabniające pokarm
- Perystaltyczne – przesuwanie obwodowe

Przy braku zawartości pokarmowej co 1-2 godziny pojawiają się silne fale perystaltyczne rozpoczynające się w żołądku wędrujące wzdłuż jelita cienkiego

Wędrujące kompleksy motoryczne, (mioelektryczne) – oczyszczanie jelita – niska zawartość bakterii



Unerwienie jelita

1. W obrębie splotu mięśniówkowego
(Auerbacha)
2. W obrębie splotu podśluzówkowego
(Meissnera)

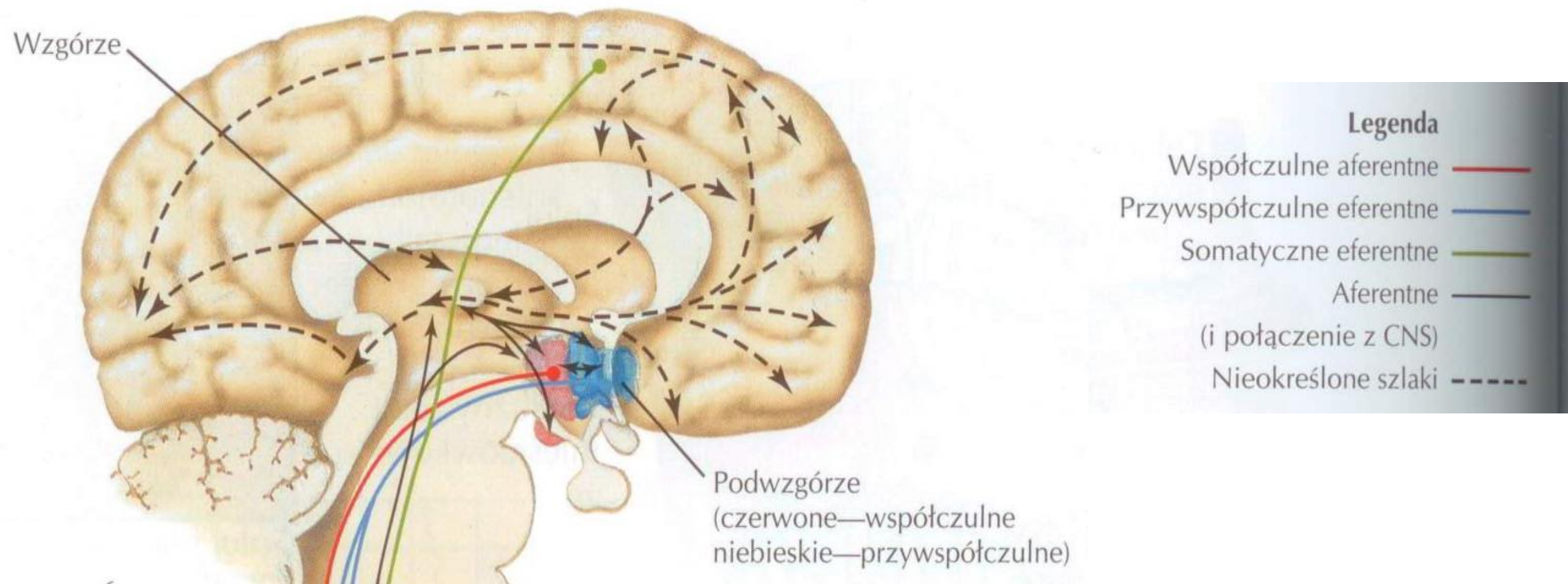
1. Kontrola czynności motorycznych

2. Kontrola wydzielania płynu oraz wchłaniania

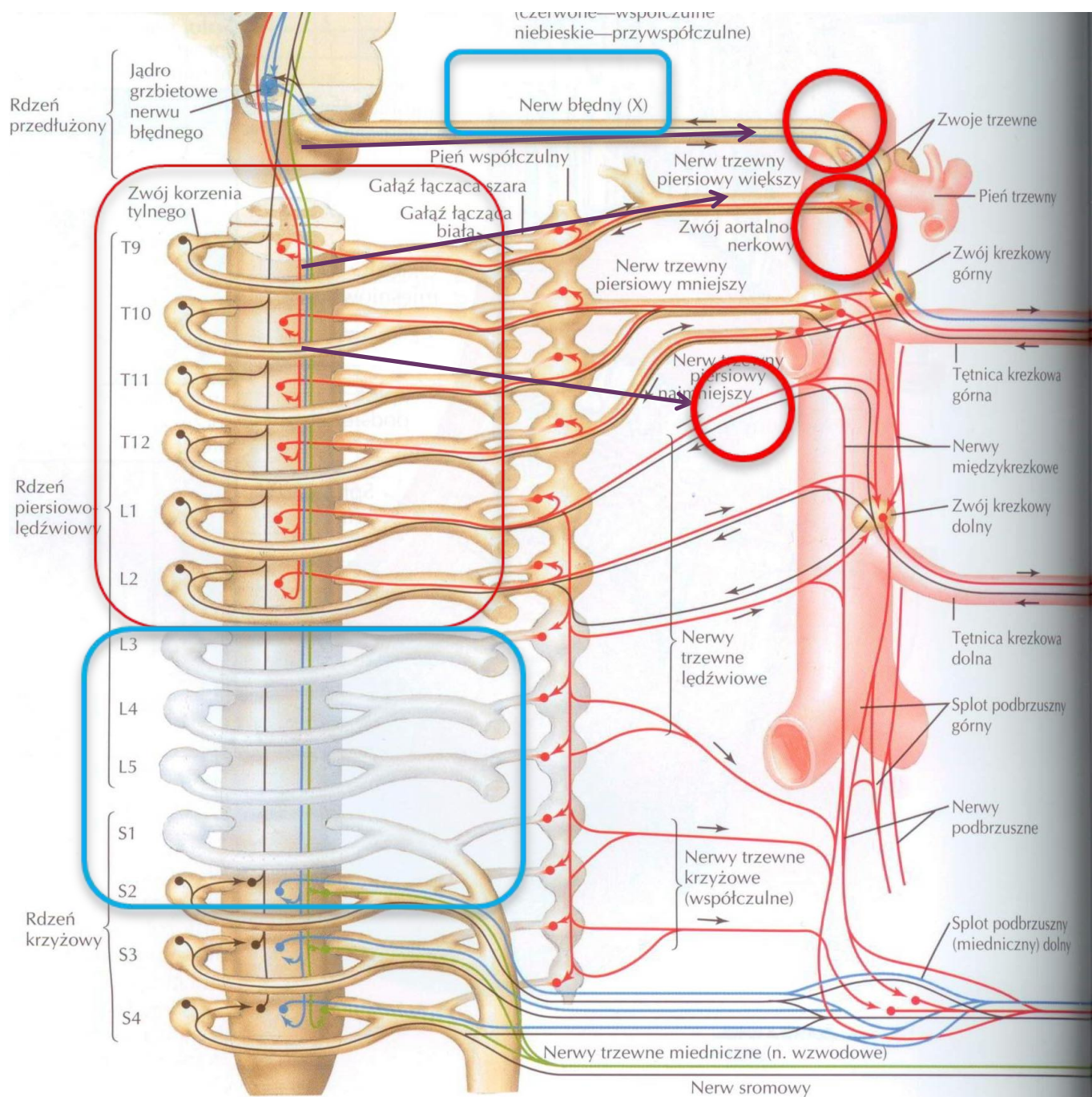
Neurotransmitery :

Ach, substancja P, serotonina,
VIP, NO,
Somatostatyna,

Ach, substancja P
pobudzają mięśnie gładkie
VIP, NO
działają hamująco



Unerwienie autonomiczne jelita cienkiego i grubego obejmuje zewnątrz-
pochodne współczulne i przywspółczulne włókna AUN.



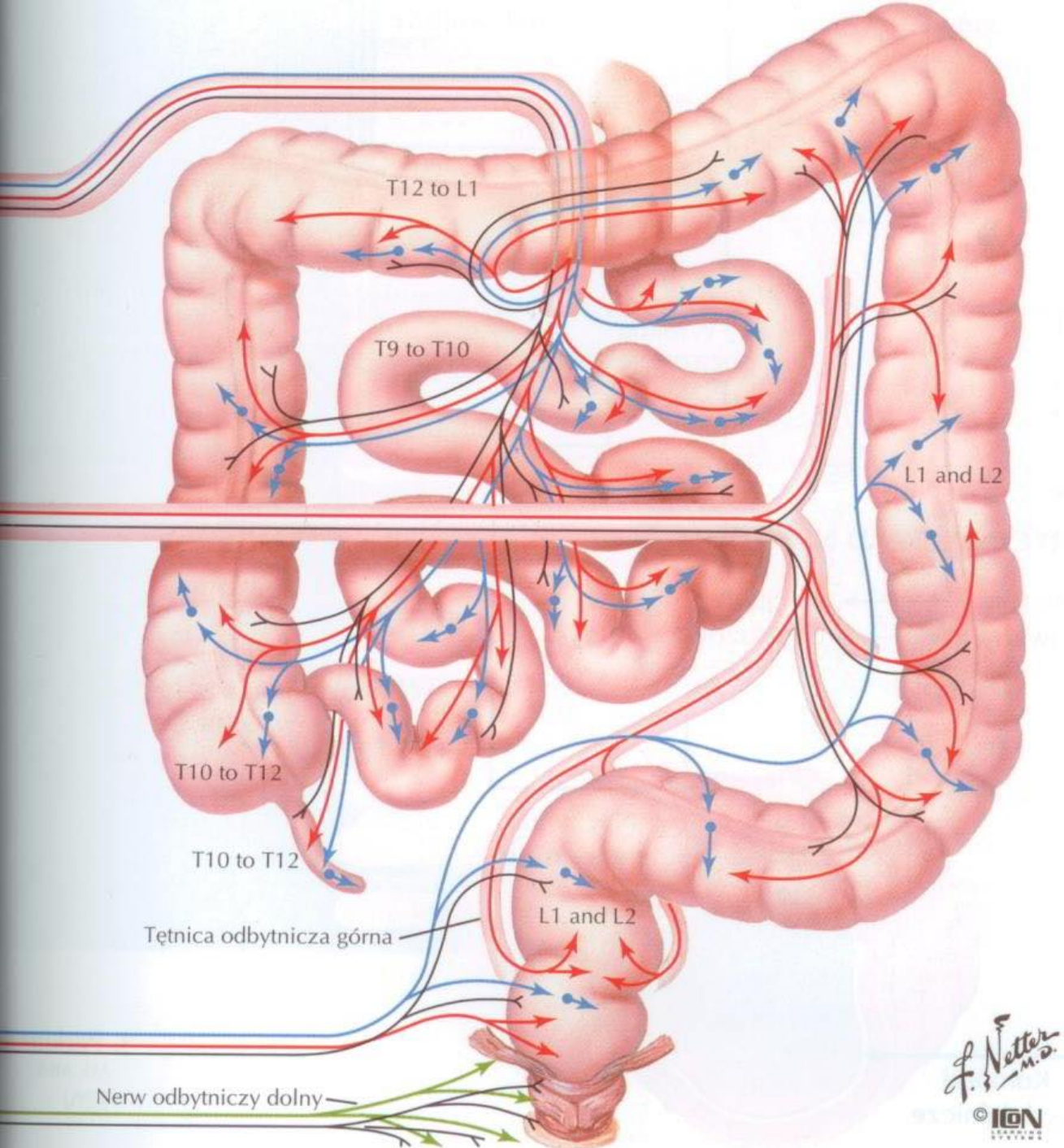
Włókna współczulne

Trzy zwoje:

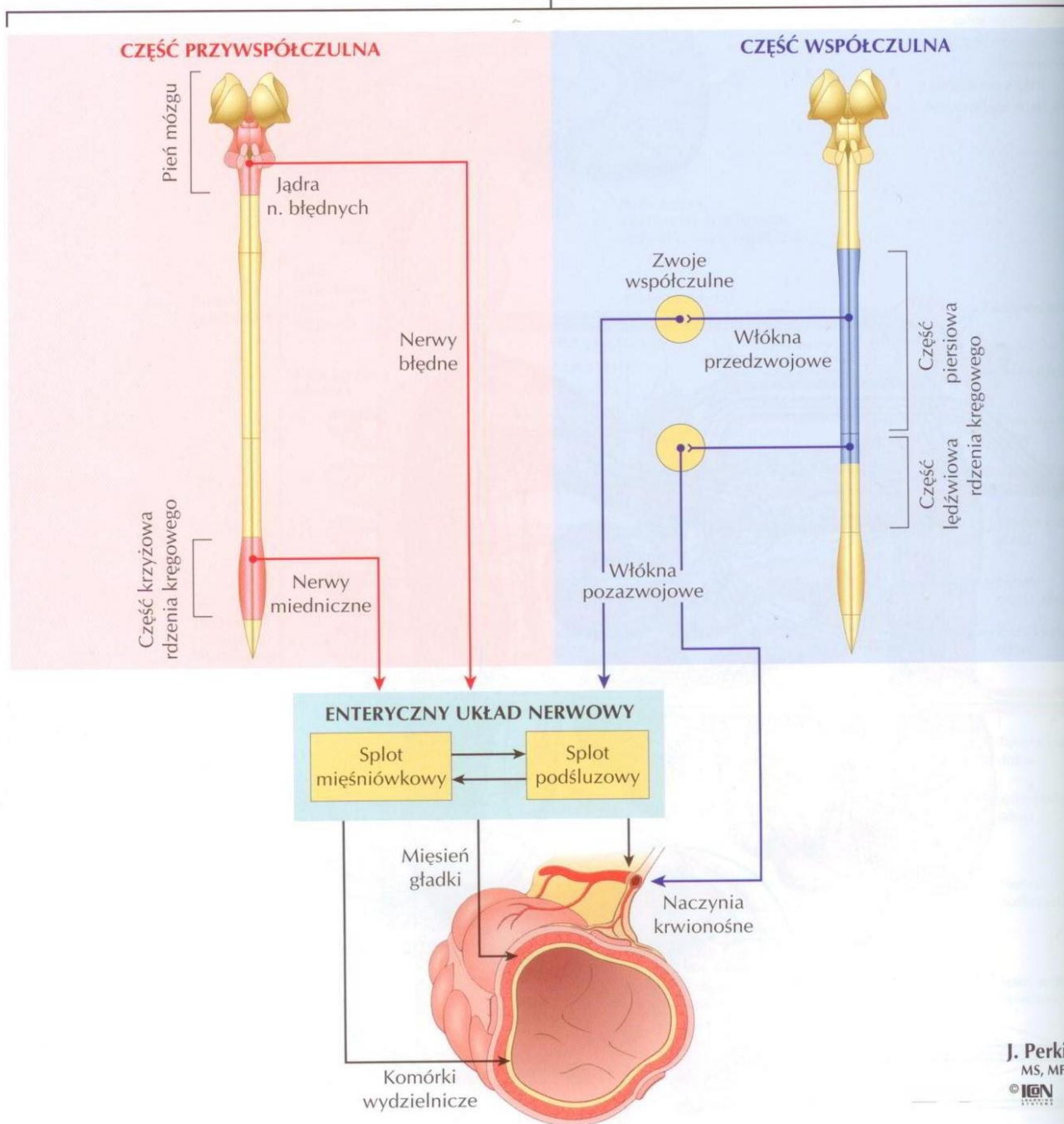
- Trzewny
- Kręzkowy górny
- Kręzkowy dolny
- Zmniejszają perystaltykę
- Zmniejszają aktywność wydzielniczą (obniżają wydzielanie płynów)

Włókna przywspółczulne

- Od nerwów błędnych i miednicznych
-
- Zwiększają perystaltykę
- Rozkurczają zwieracze
- zwiększają wydzielanie płynów



Pętle sprzężenia
zwrotnego biegnące od
jelit do OUN,
(**podwzgórza i kory
mózgowej**)
integrują czynności
trzewne
koordynują aktywność
pomiędzy
zewnątrzpochodnymi i
wewnątrzpochodnymi
neuronami jelit

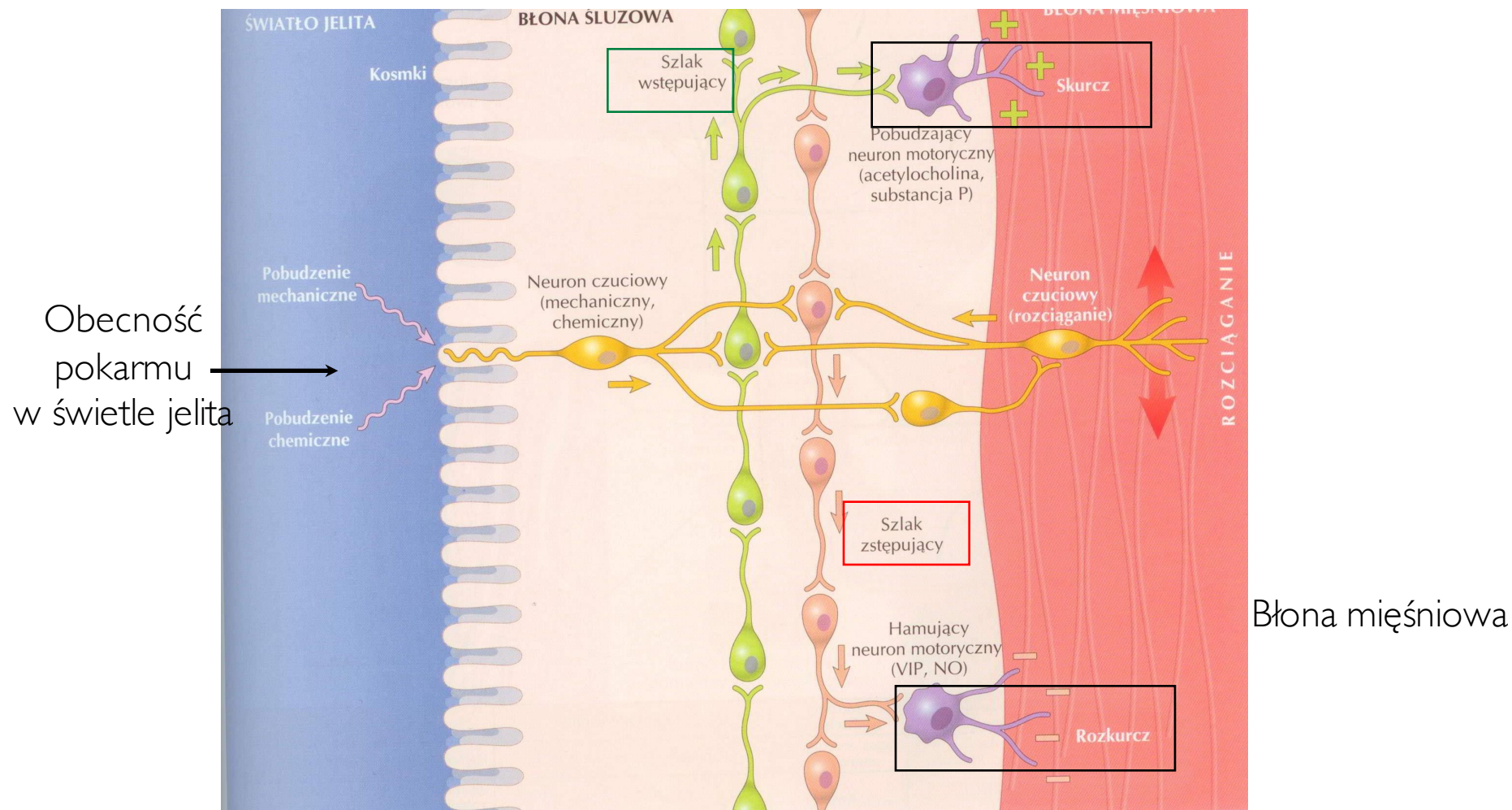


enteryczny układ nerwowy

Koordinacja
pomiędzy
Nerwowym Układem
Autonomicznym a
Układem
Enterycznym
(Jelitowym)

Koordinacja
motoryki żołądka

Koordinacja
wydzielania i
wchłaniania



Obecność pokarmu w świetle jelit powoduje skurcz mięśniówki gładkiej powyżej i poniżej treści jelitowej -to warunkuje fale perystaltyczne przesuwające zawartość wzdłuż jelita

Proces koordynowany odruchowo przy udziale enterycznego układu nerwowego

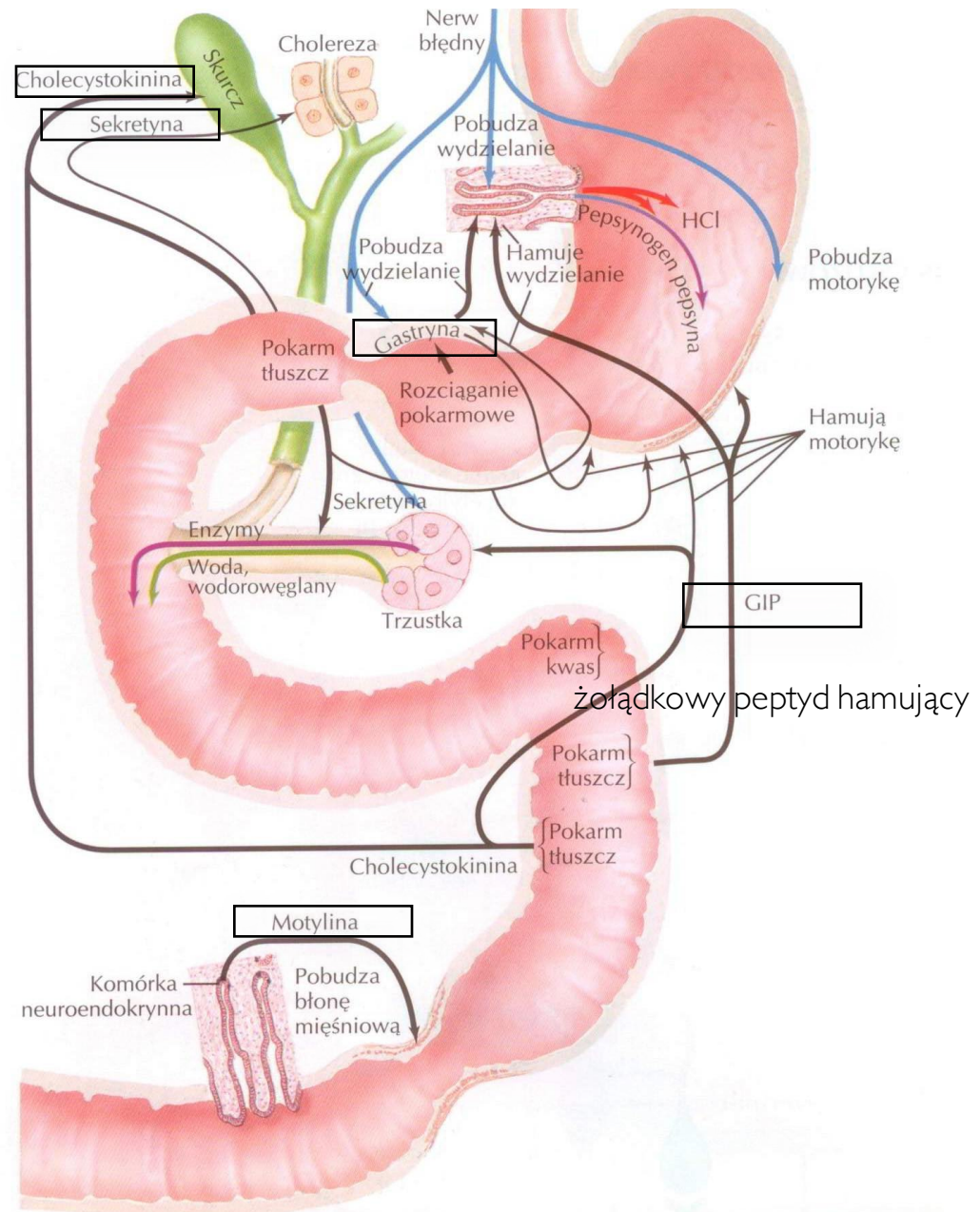
LEGENDA

Gruba linia oznacza działanie pierwotne

Cienka linia oznacza działanie wtórne

5 głównych hormonów żołądkowo-jelitowych

Hormony „kandydackie „
wytwarzane przez komórki
neuroendokrynne
(rozrzucone w błonie
śluzowej żołądka i jelit)



Pierwotne i wtórne efekty działania:

Hormon	Komórka neuroendokrynną Typ i umiejscowienie	Bodziec wydzielniczy	Działanie pierwotne	Inne czynności
Gastryna	Komórka G Żołądek, dwunastnica	Vagus, rozciąganie, aminokwasy	Pobudzenie wydzielania HCl	Hamowanie opróżniania żołądkowego
Sekretyna	Komórka S Dwunastnica	Kwas	Pobudzenie wydzielania H_2O i HCO_3^- przez komórki przewodów trzustkowych	Hamowanie wydzielania i skurczów żołądka oraz pobudzanie wydzielania H_2O i HCO_3^- w drogach żółciowych
Cholecystokinina	Komórka I Dwunastnica, j. czcze	Tłuszcz	Pobudzenie wydzielania enzymów przez trzustkowe komórki pęcherzykowe i skurczów pęcherzyka żółciowego	Hamowanie skurczów żołądka
Żołądkowy peptyd hamujący (GIP)	Komórka K Dwunastnica, j. czcze	Tłuszcz	Hamowanie wydzielania i skurczów żołądkowych	Pobudzanie uwalniania insuliny
Motylina	Komórka M Dwunastnica, j. czcze		Zwiększenie kurczliwości i wywołanie MMC	

Wędrujący zespół motoryczny lub mionelektryczny MMC – pojawia się międzyposiłkami w okresach 1-2 godzinnych; składa się z fali perystaltycznej, której głównym zadaniem jest oczyszczanie przewodu pokarmowego z resztek pokarmowych, złuszczonego nabłonka i wydzieliny.

APETYT GŁÓD

Główny ośrodek kontrolujący
podwzgórze

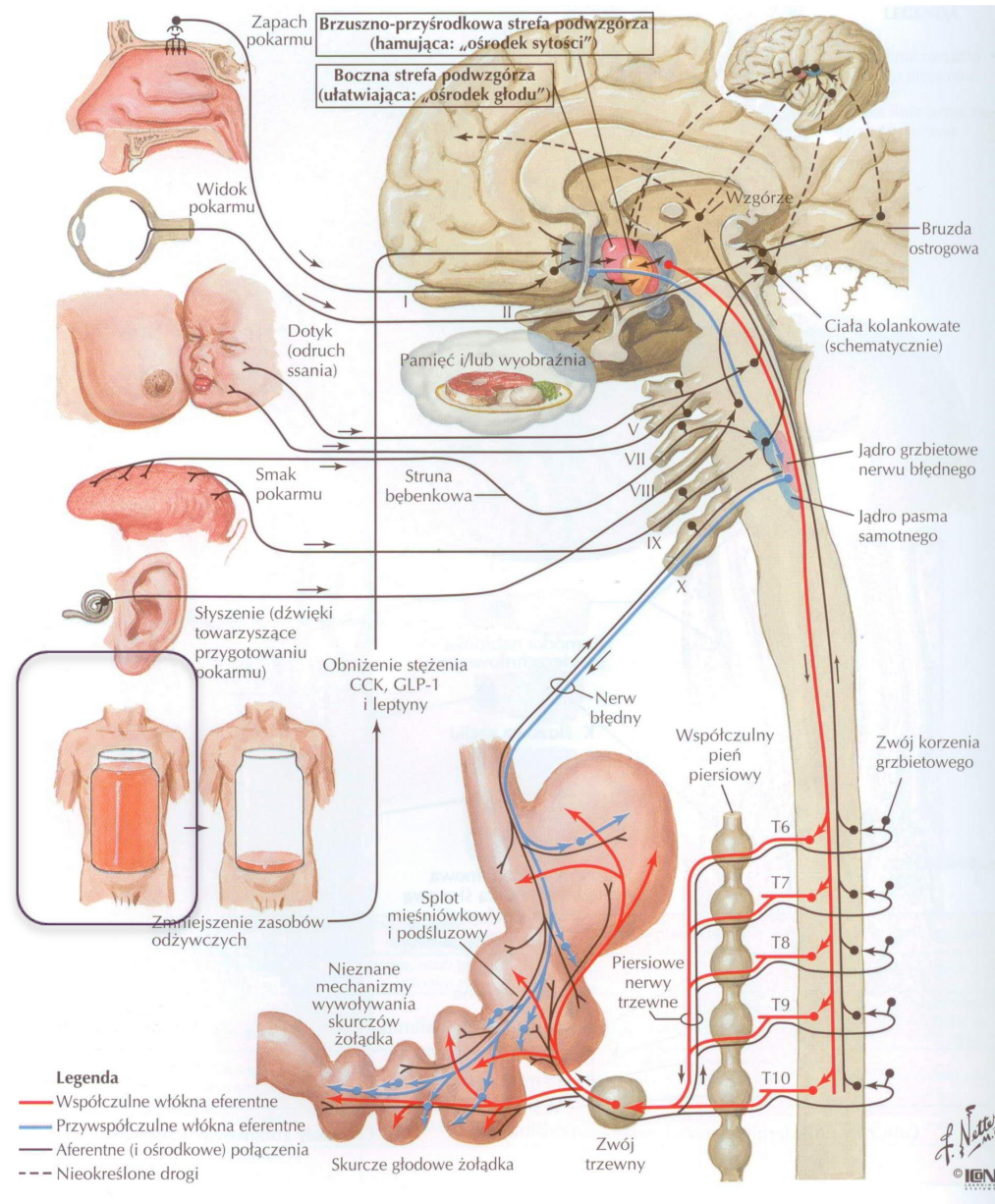
Po przyjęciu pokarmu uwalnia się

- **CHOLEOCYSTOKININIA (CCK)**

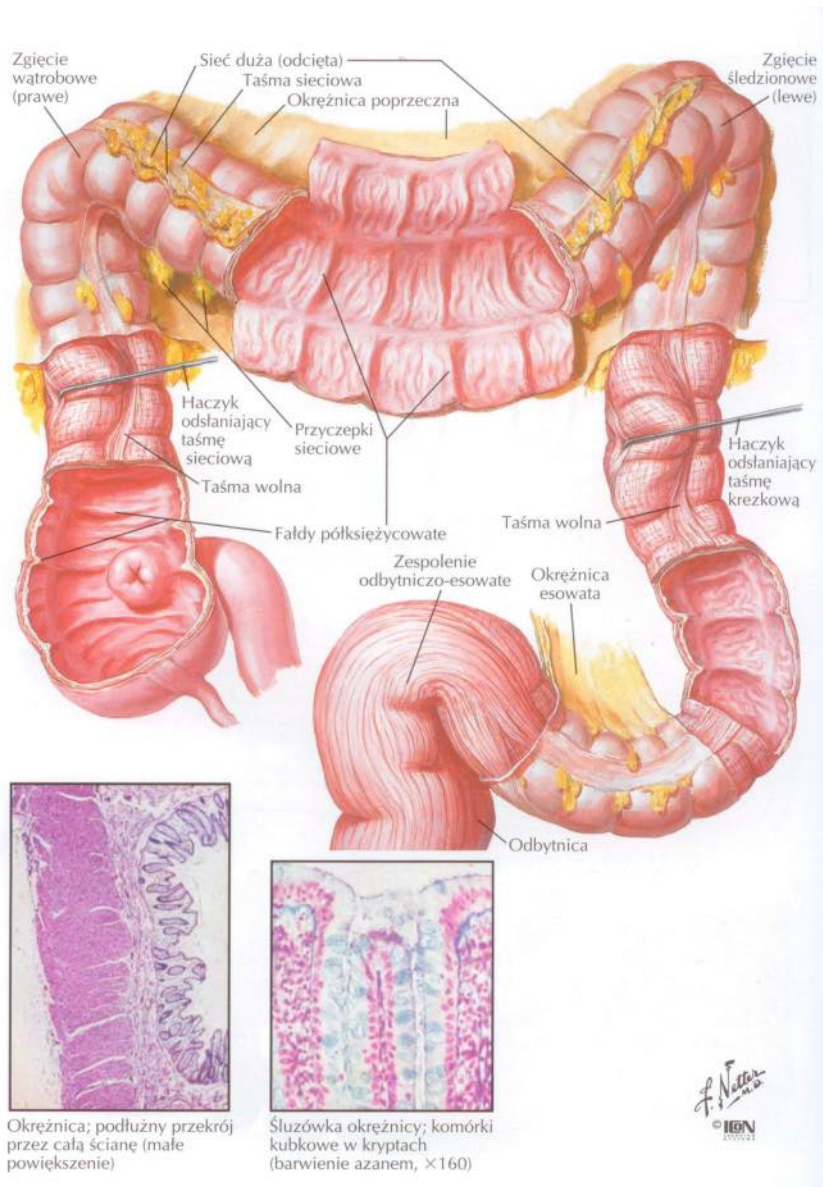
- **GLP -1 (glucagon-like peptide)** z komórek neuroendokrynnych jelit

Hamują apetyt – uczucie sytości

Długoterminowa kontrola łaknienia
– **LEPTYNA** (wytwarzany i uwalniany przez komórki tłuszczowe)



Budowa jelita grubego



Jelito grube:

- * jelito ślepe
- * wyrostek robaczkowy
- * okrężnica
- * odbytnica
- * kanał odbytniczy

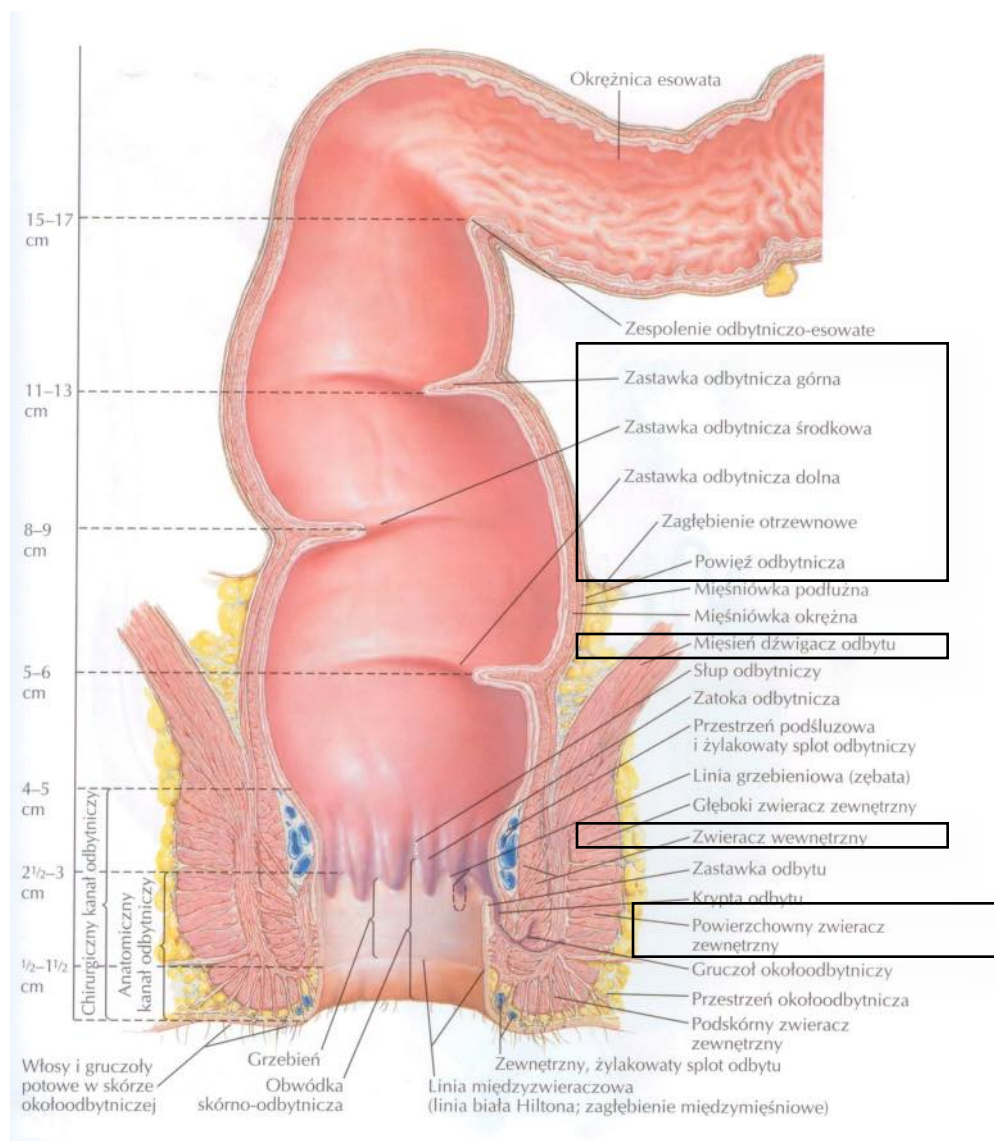
Okrężnica:

- ❖ pozaotrzewnowa okrężnica wstępująca
- ❖ okrężnica poprzeczna
- ❖ pozaotrzewnowa okrężnica zstępująca
- ❖ okrężnica esowata
- ❖ komórki kubkowe (wydzielanie śluzu)

Funkcje:

- ♦ wchłanianie wody
- ♦ wchłanianie elektrolitów
- ♦ gromadzenie i wydalanie kału z organizmu

Budowa odbytnicy i kanału odbytniczego

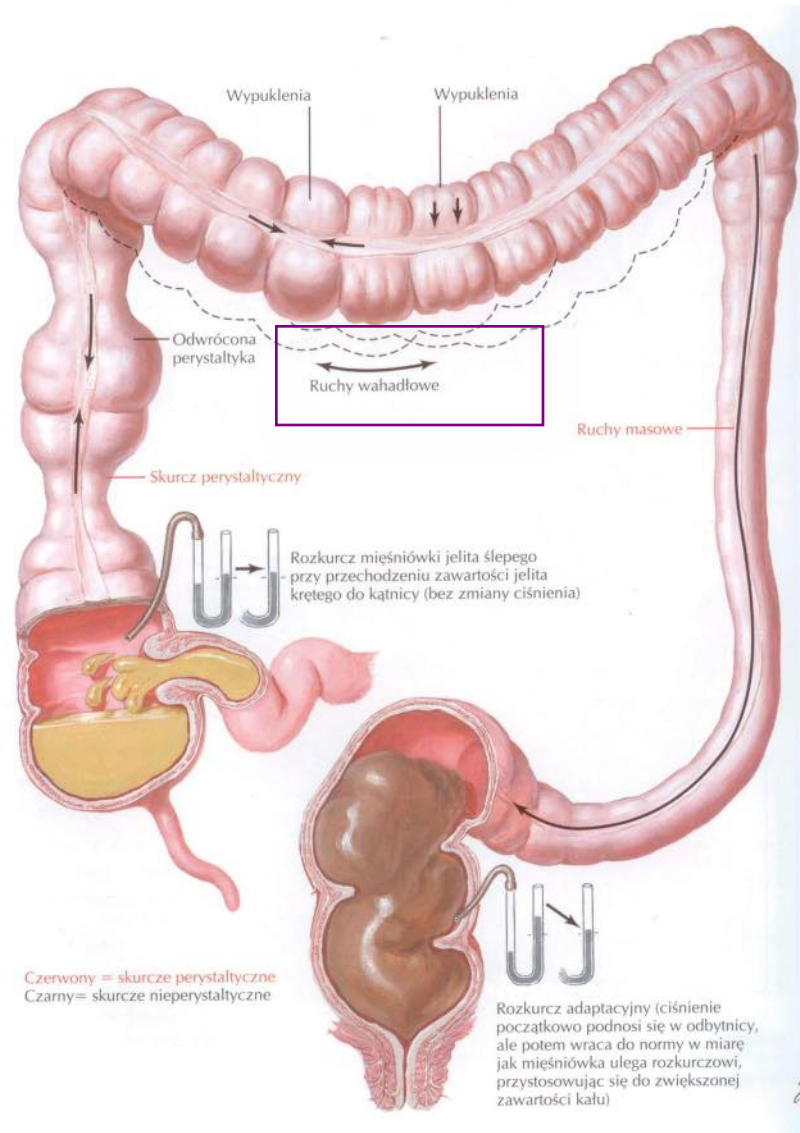


zastawki, dolna górna, środkowa

mięsień dźwigacz odbytu

zwieracze: wewnętrzny,
zewnętrzny:
powierzchniowy
podskórny, głęboki

Motoryka odbytnicy



Skurcze perystaltyczne –
przesuwają zawartość jelita
w kierunku odbytnicy

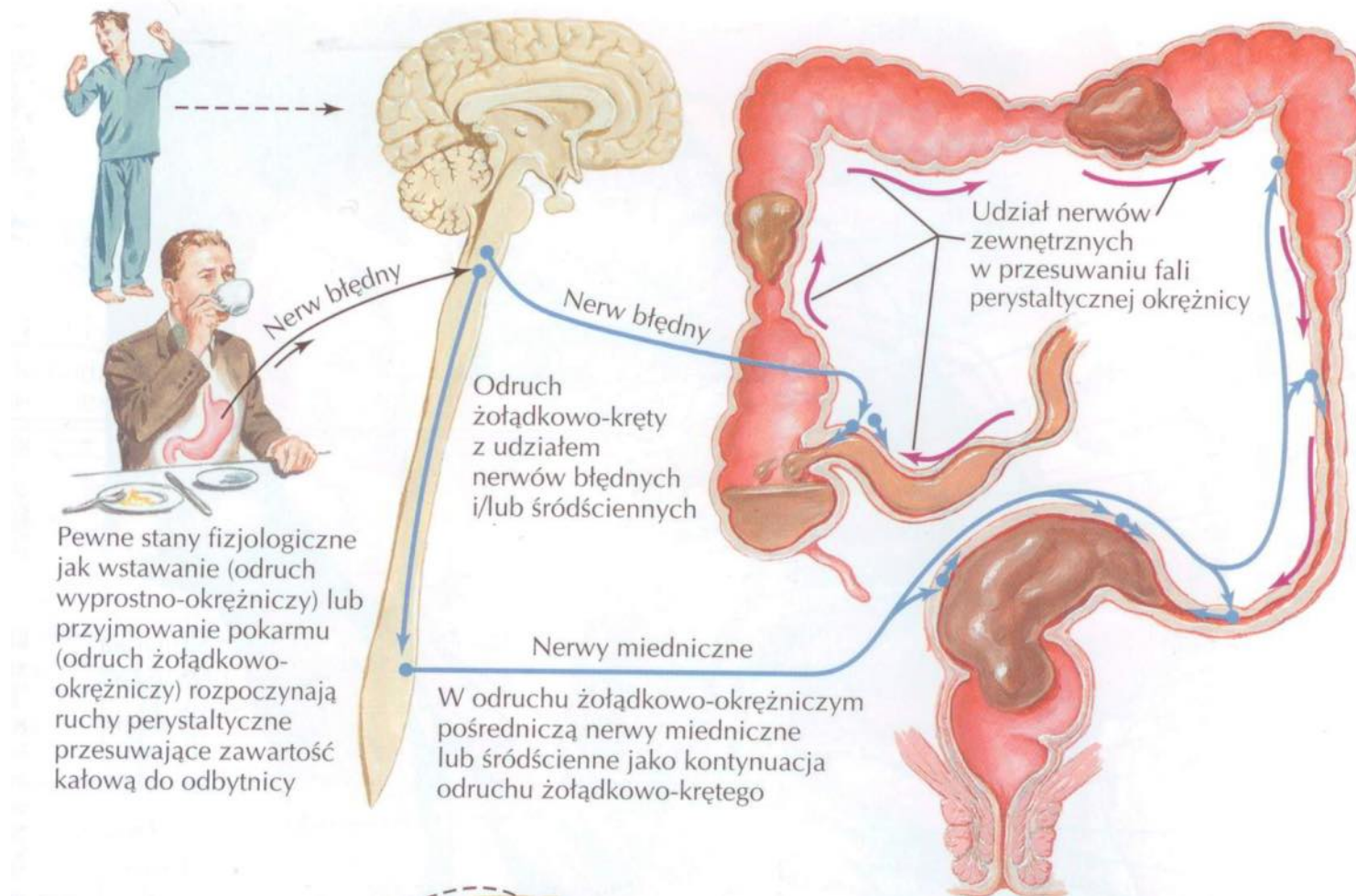
Ruchy wahadłowe –
podtrzymują kontakt
zawartości jelitowej z
komórkami resorbcyjnymi
nabłonka jelitowego

Ruchy propulsywne –
wzmoczone prowadzą do
biegunki

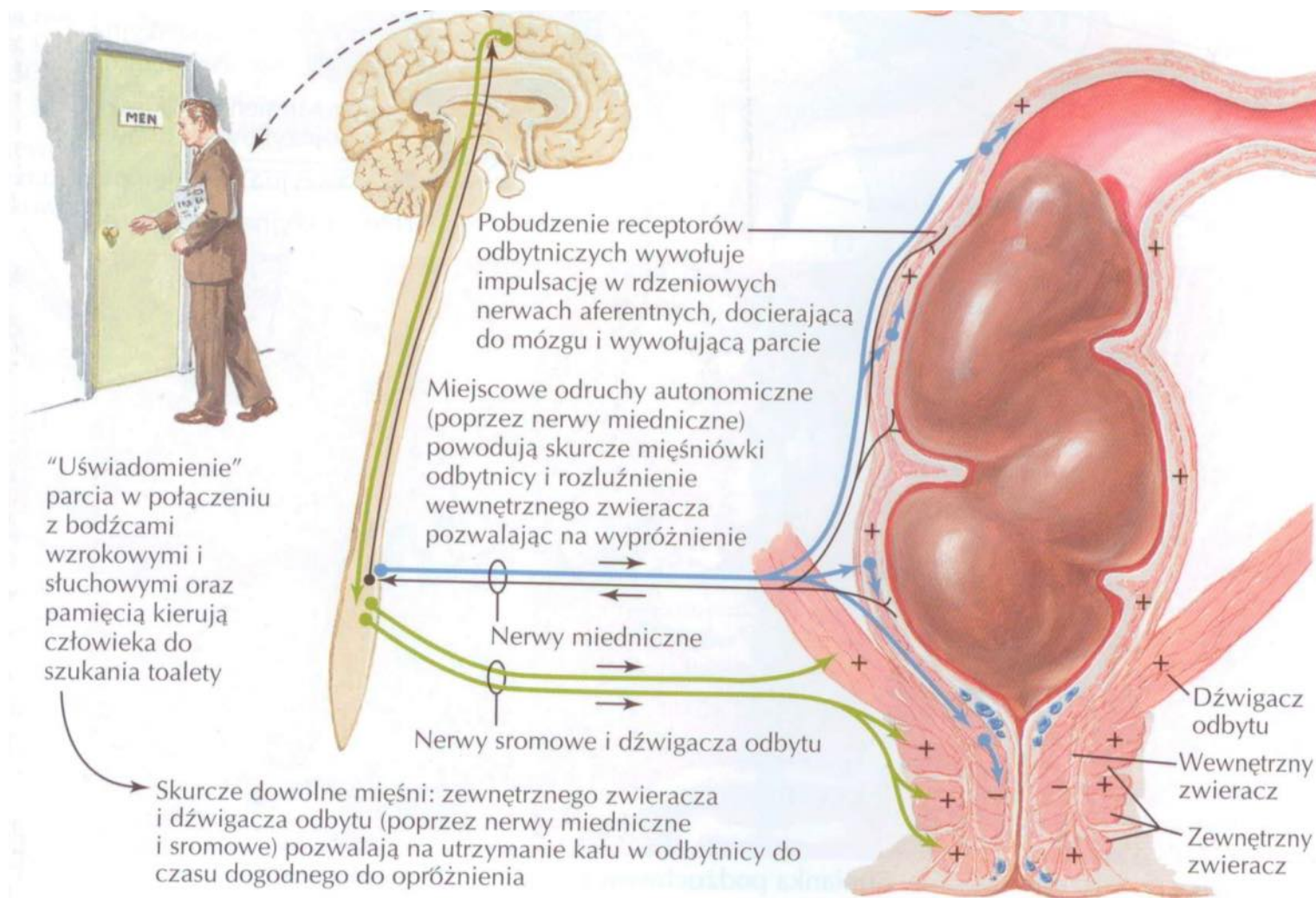
Oddawanie kału

stany fizjologiczne rozpoczynające ruchy perystaltyczne przesuujące zawartość kałową:

- odruch wyprostno okrężniczy
- odruch żołądkowo okrężniczy

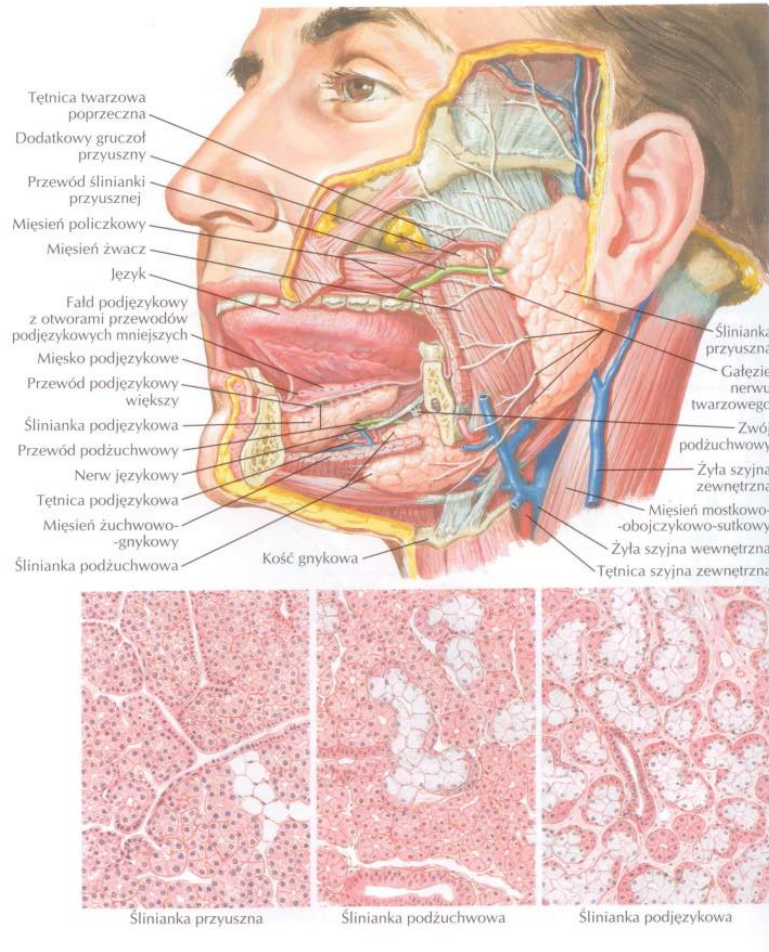


(-) wewnętrzny zwieracz
(+) mięśniówki odbytnicy
wypróżnienie
nerwy miedniczne



(+) zwieracz zewnętrzny, dźwigacz odbytu - utrzymanie kału

Budowa gruczołów ślinowych



Gruczoły przyuszne – komórki surowicze

Gruczoły podżuchwowe – mieszanina komórek surowiczych i śluzowych

Gruczoły podjęzykowe – komórki surowicze wraz z niewielką ilością komórek śluzowych

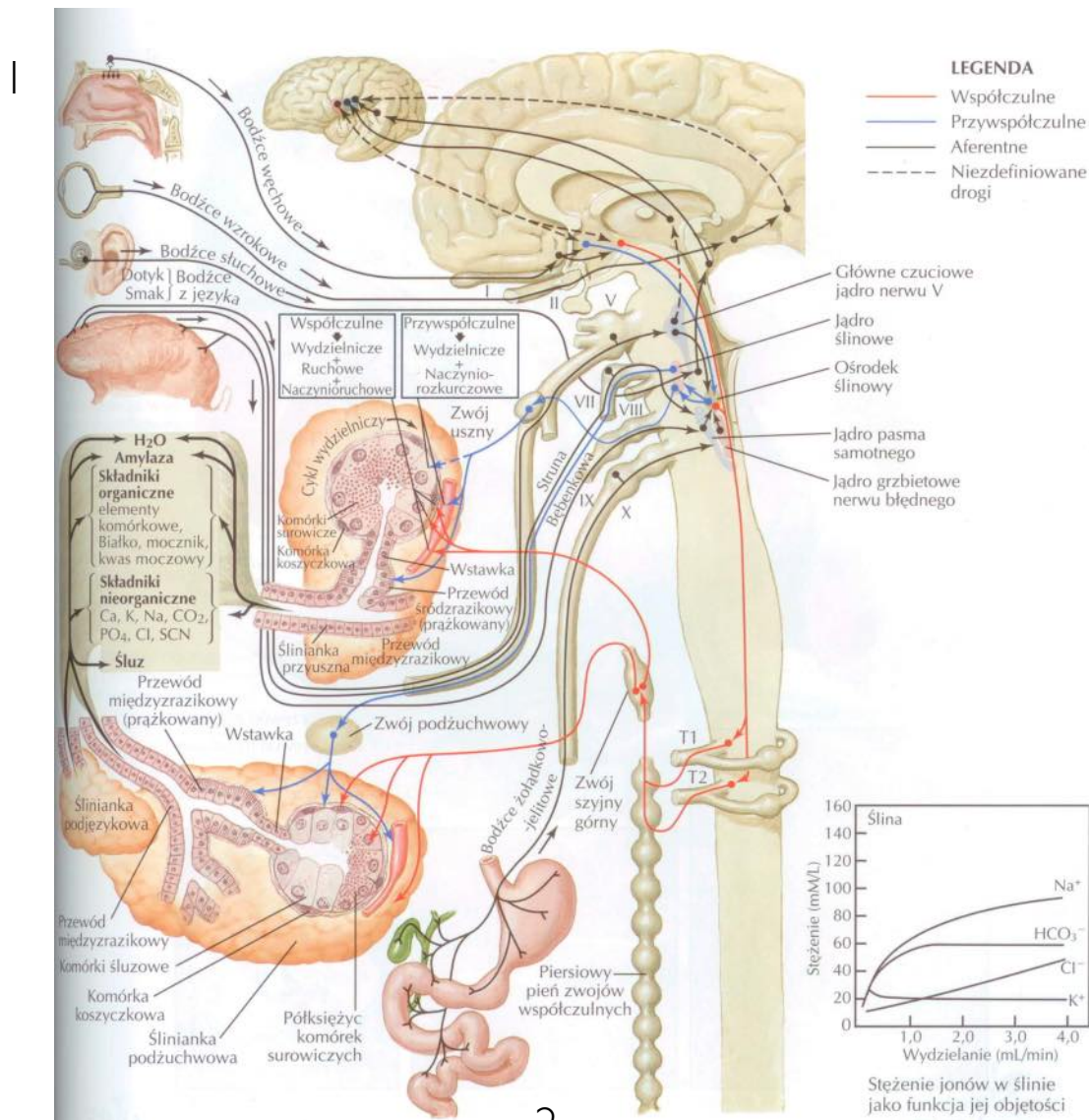
Komórki surowicze ślinianek wydzielają białka i składniki enzymatyczne

Komórki śluzowe ślinianek wydzielają wodnisty śluz

Funkcje gruczołów ślinowych:

- nawilżanie i pokrywanie powierzchni jamy ustnej warstwą śluzu
- hamowanie rozwoju flory bakteryjnej poprzez wydzielanie lizozymu
- rozpuszczanie składników pokarmowych (generowanie bodźców dla kubków smakowych)
- wydzielanie wapnia i fosforanów (gospodarka mineralna – zęby)
- trawienie skrobi poprzez wydzielanie amylazy

Wydzielanie gruczołów ślinowych

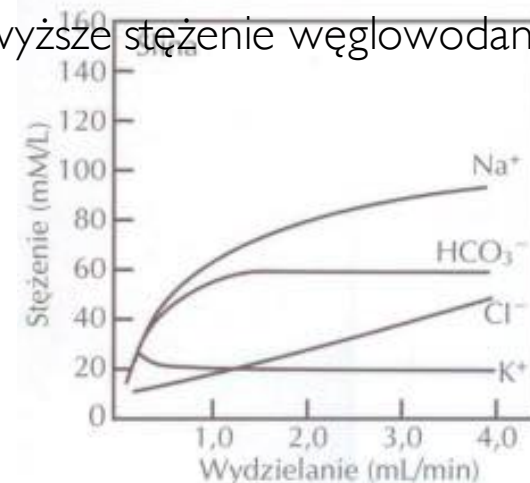
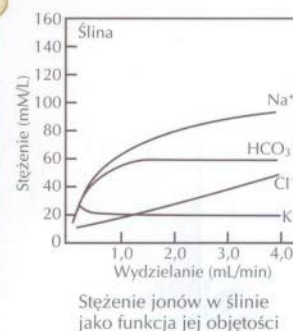


2

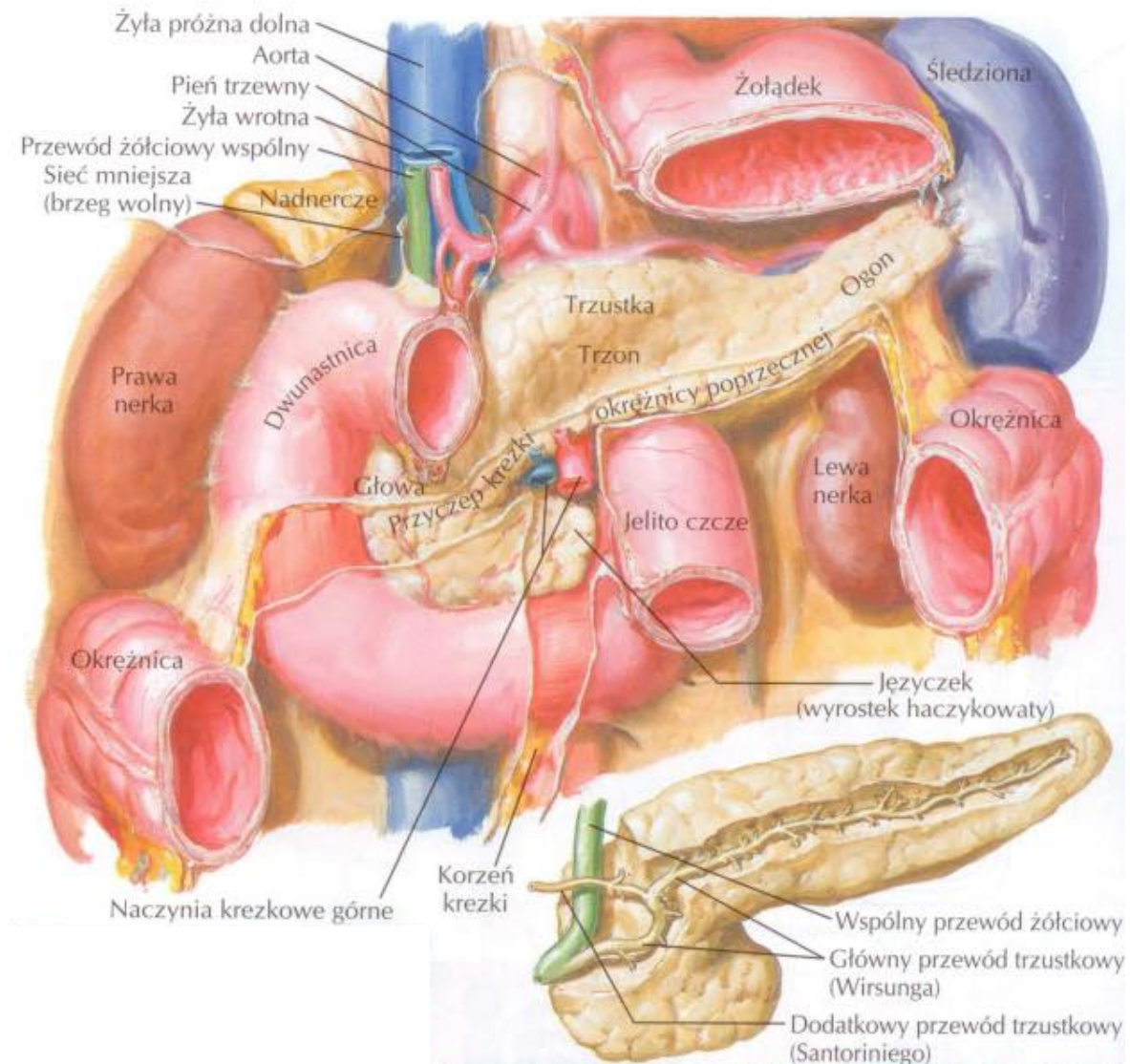
- 1 – bodźce zmysłowe
- 2 – bodźce żołądkowo-jelitowe

Pęcherzyki ślinowe obok wydzielania enzymów i śluzu wydzielają również płyn o składzie zbliżonym do osocza.

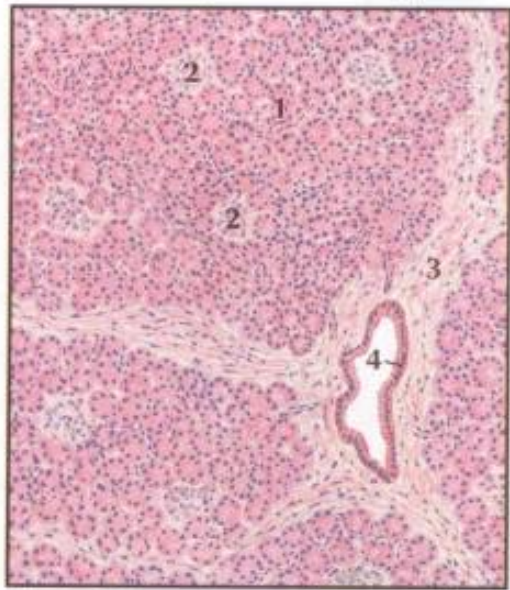
Podczas przepływu śliny przez przewody wyprowadzające ślinianek jej skład elektrolitowy ulega zmianie na skutek aktywnego transportu i resorpcji składników tak, że ślina jest hipotoniczna w stosunku do osocza i ma wyższe stężenie węglowodanów.



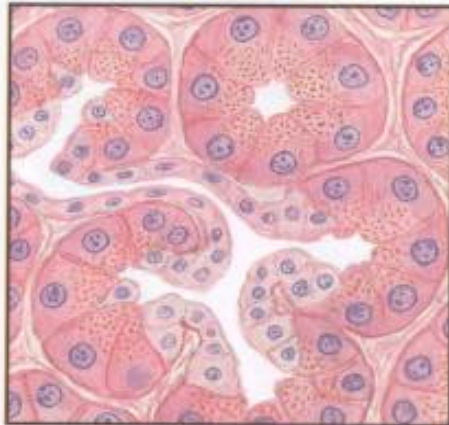
Budowa trzustki



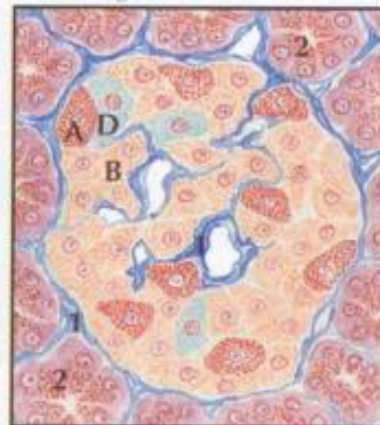
Budowa trzustki



Przekrój trzustki w małym powiększ.
1. pęcherzyki, 2. wyspa, 3. przegroda międzyzrazikowa, 4. przewód międzyzrazikowy



Duże powiększenie: pęcherzyki, przewód śródzrazikowy i ziarnistości zymogenne



Wyspa trzustkowa: komórki A (=α-), B (=β-), i D (=δ-)
1. siateczka, 2. pęcherzyk

Zewnątrzwydzielnicza:

- enzymy niezbędne do trawienia skrobi, białek i tłuszczów
- płyn o wysokim stężeniu grup węglanowych służących do neutralizacji kwasu solnego w obrębie dwunastnicy

Trzustka:

- zewnątrzwydzielnicza
- dokrewna

Dokrewna:

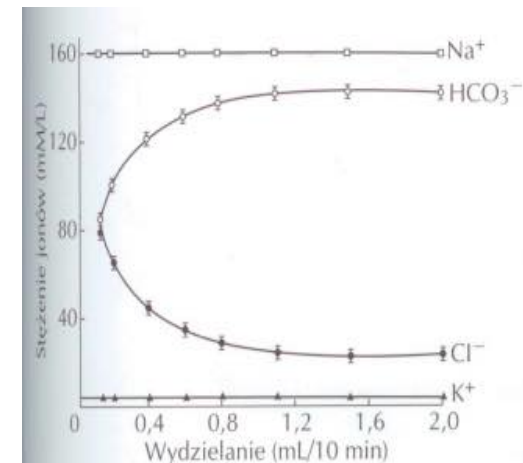
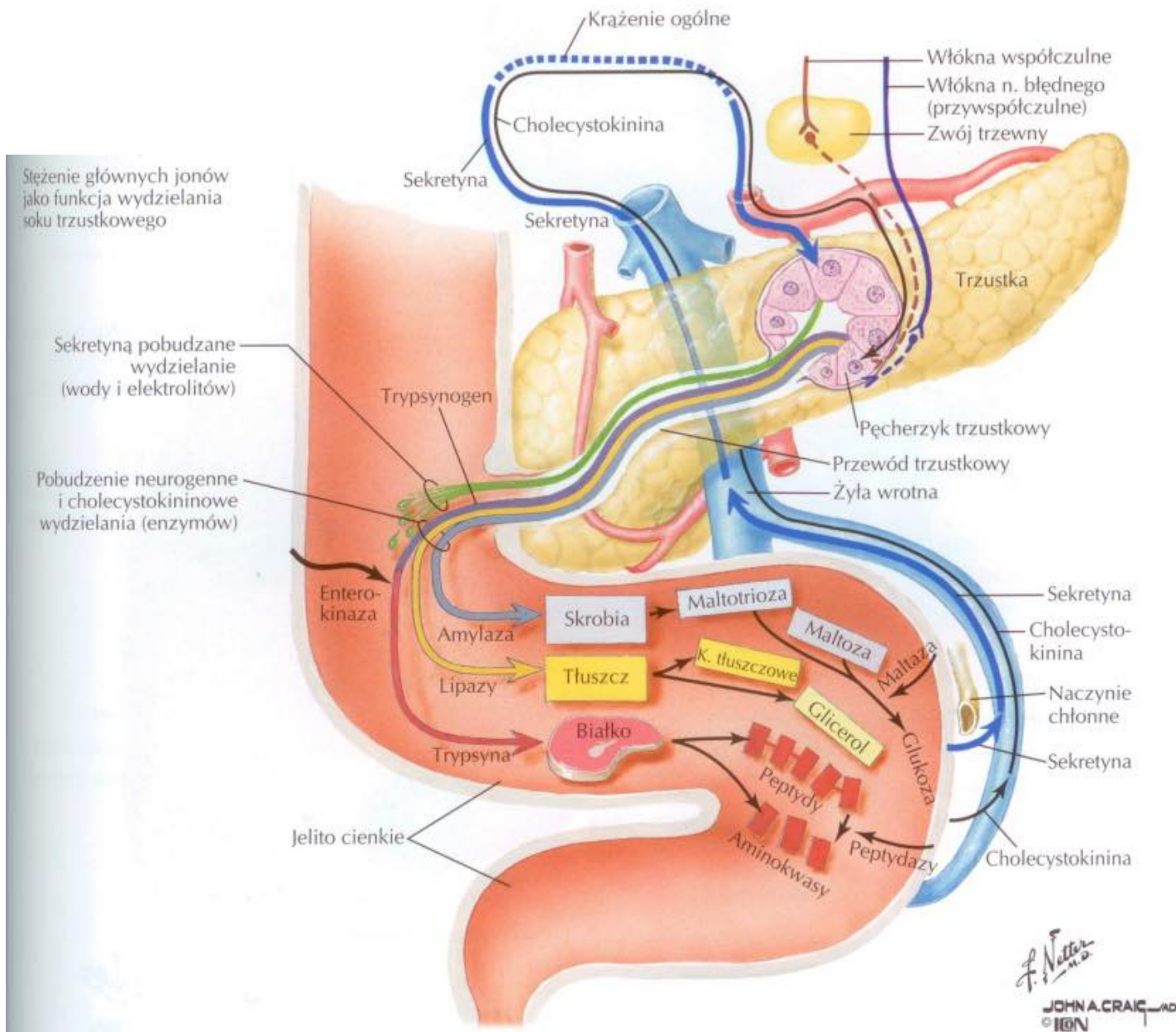
- Wyspy Langerhansa:

Komórki α – położone obwodowo wydzielają glukagon

Komórki β – położone centrycznie wydzielają insulinę

- Komórki δ – położone między wyspami wydzielają somatostatynę

Wydzielanie trzustkowe



Wydzielanie trzustki regulowane jest na drodze nerwowej (układ przywspółczulny) i hormonalnej.

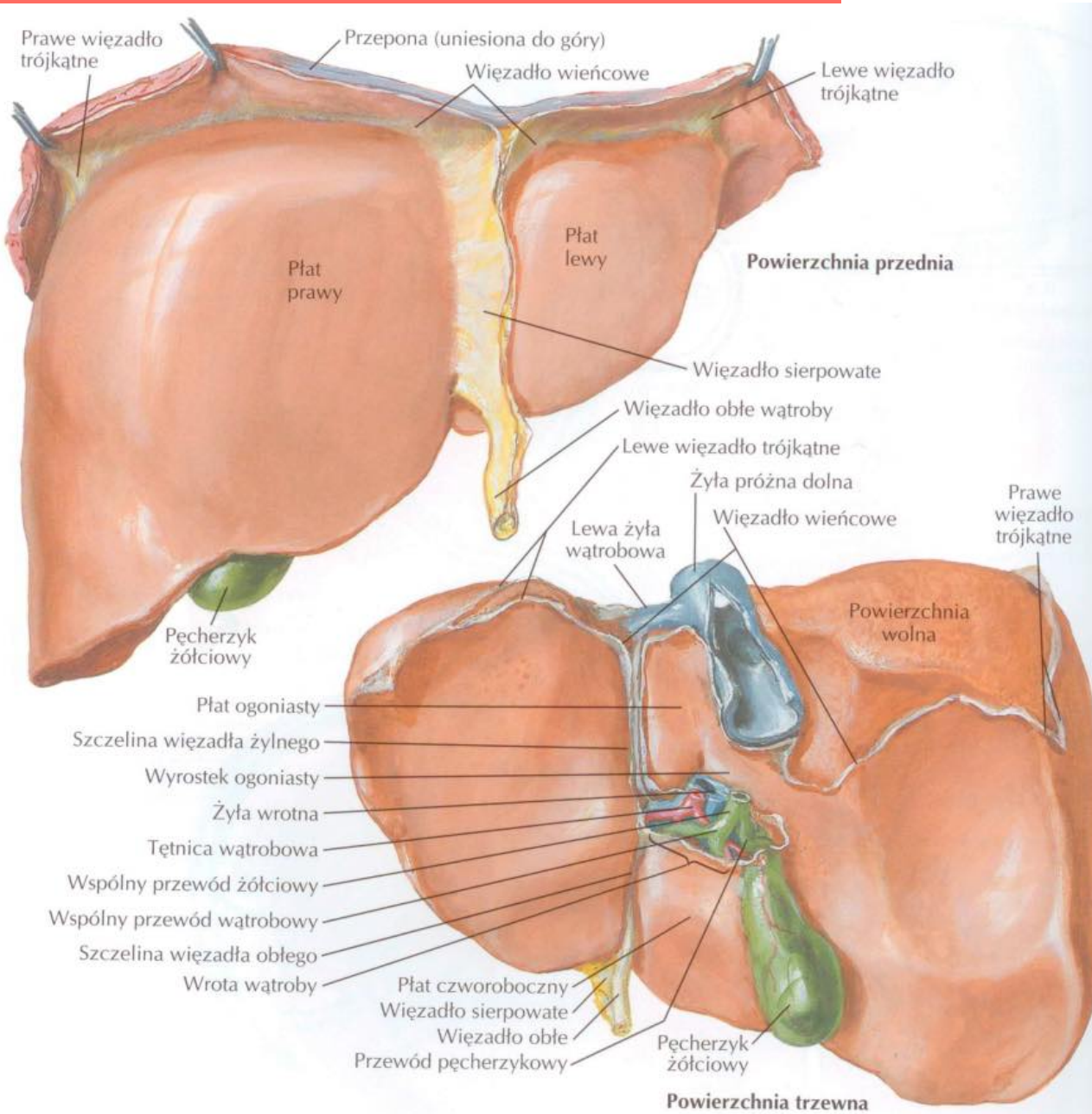
Dwunastnica:

Sekretyna – wydzielanie wody i jonów węglanowych

Cholecystokinina – wydzielanie enzymów

Trypsyna – aktywacja prekursorów proteaz w aktywne enzymy – chymotrypsynę i karboksypeptydazę

Budowa wątroby



Największy gruczoł w organizmie

Budowa (anatomiczna):

4 płaty: lewy prawy, czworoboczny, ogoniasty

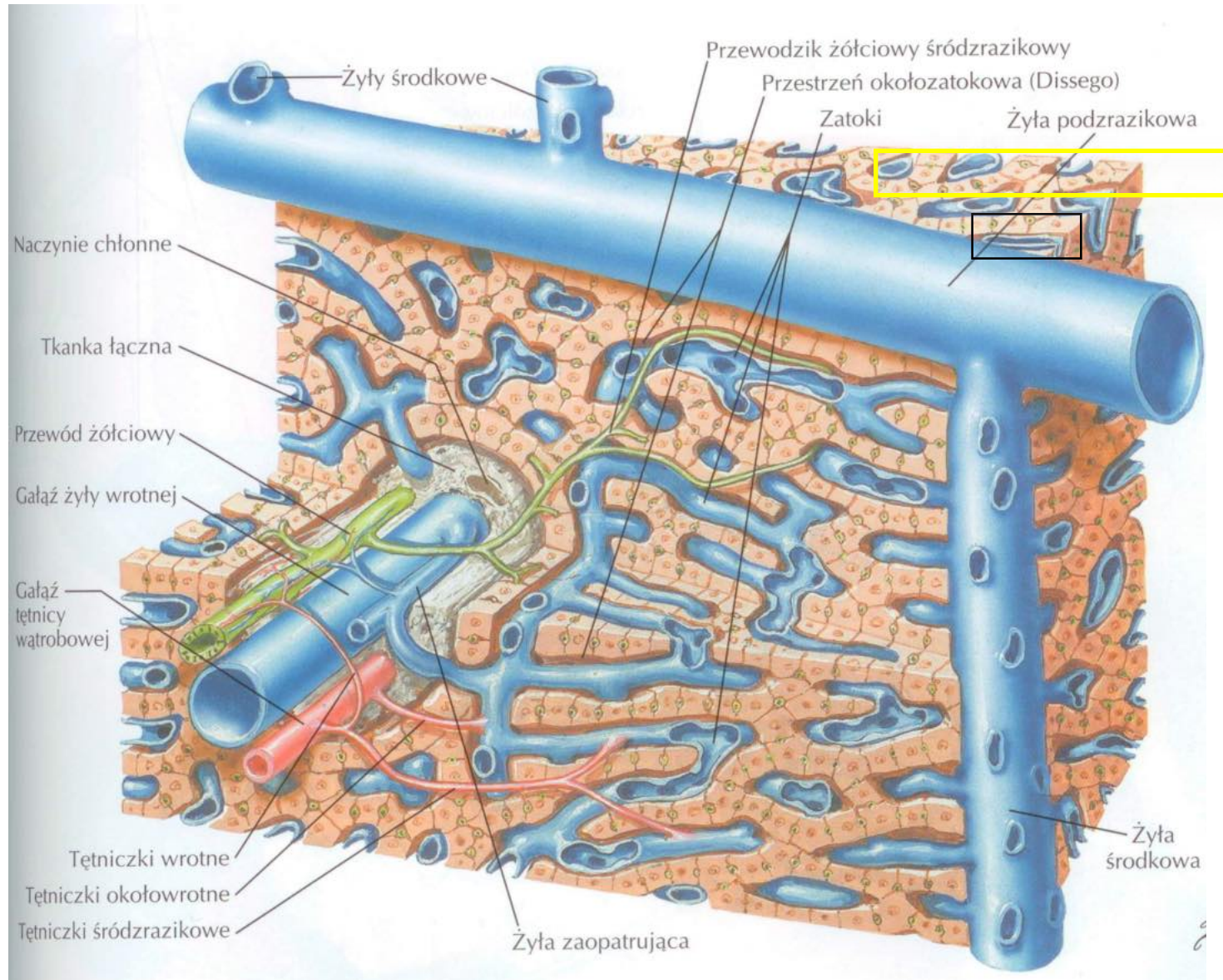
Budowa (czynnościowa):

2 płaty (prawy i lewy)

Każdy z płatów zaopatrywany jest niezależnie w krew tętniczą z tętnicy wątrobowej i w krew żylną

Płaty posiadają osobne systemy drenujące krew żylną i żółć

Ultrastruktura wątroby



Hepatocyty:
75% krążenie wrotne
25% tętnica wątrobowa

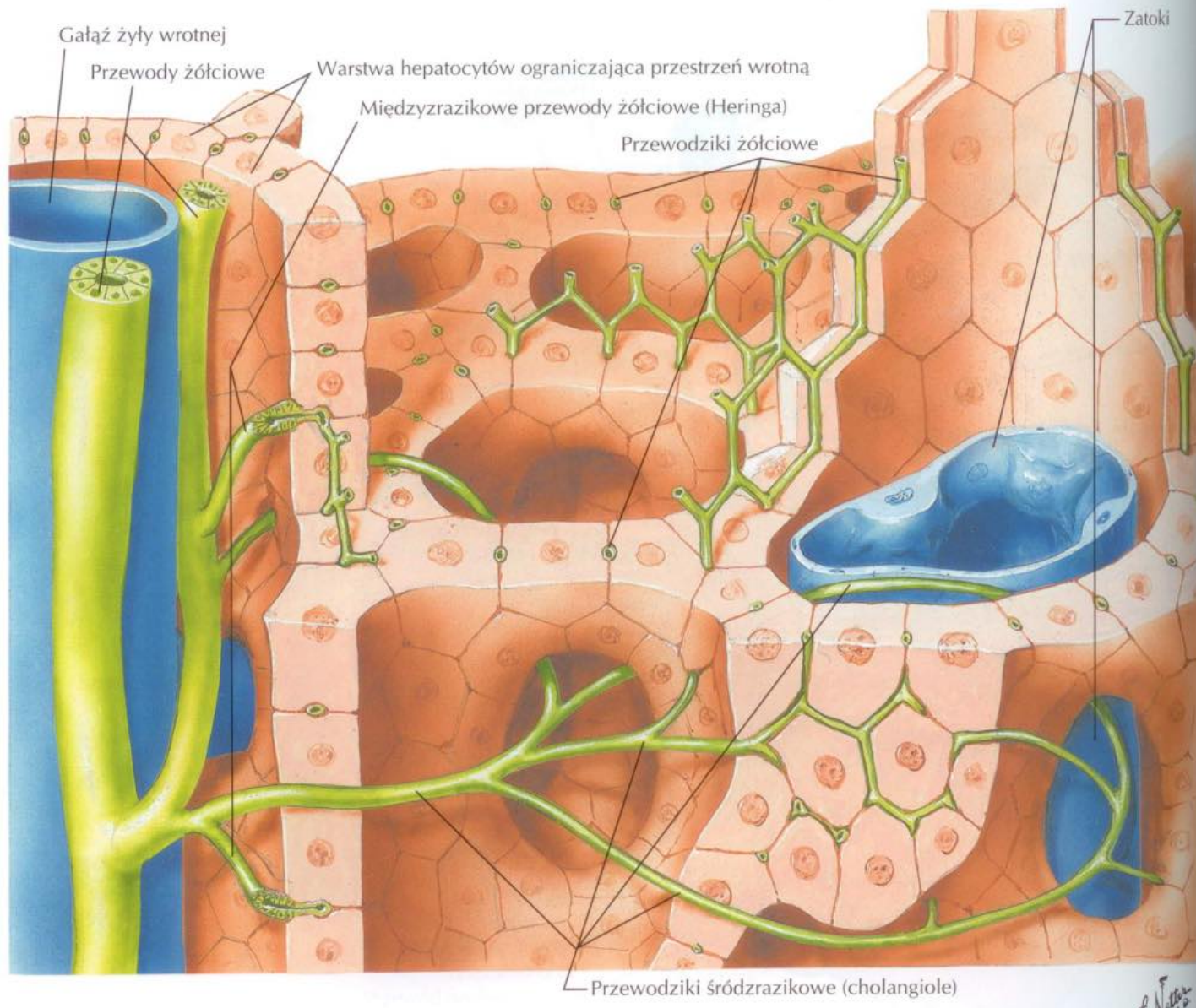
Hepatocyty ułożone warstwowo,
warstwy oddzielone **zatokami żylnymi**

Zatoki wyścielone porowatymi
komórkami śródbłónka (cyrkulacja
białek krew – hepatocyty – krew)

W ścianie zatok znajdują się **komórki
Kupffera** (fagocytarne) usuwające
uszkodzone erytrocyty i obce antygeny

Hepatocyty produkują żółć, drenowaną
przewodnikami żółciowymi do
przewodów żółciowych i dalej do
woreczka żółciowego

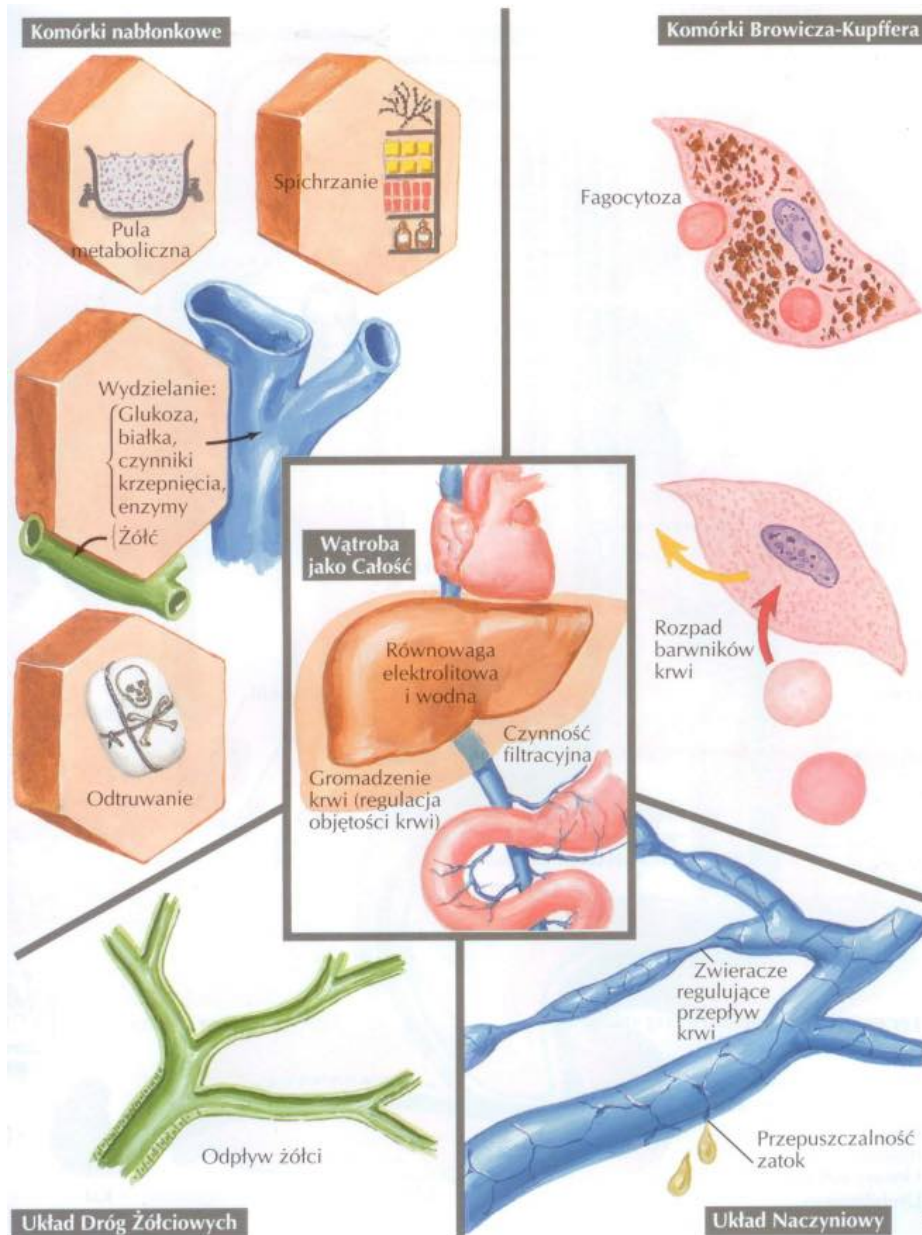
Sródwątrobowy układ żółciowy



Hepatocyty
wydzielają żółć w
ilości 500ml/24h

Ściany
przewodników
i przewodów
żółciowych
utworzone są przez
wyspecjalizowane
powierzchnie błon
sąsiadujących ze
sobą hepatocytów

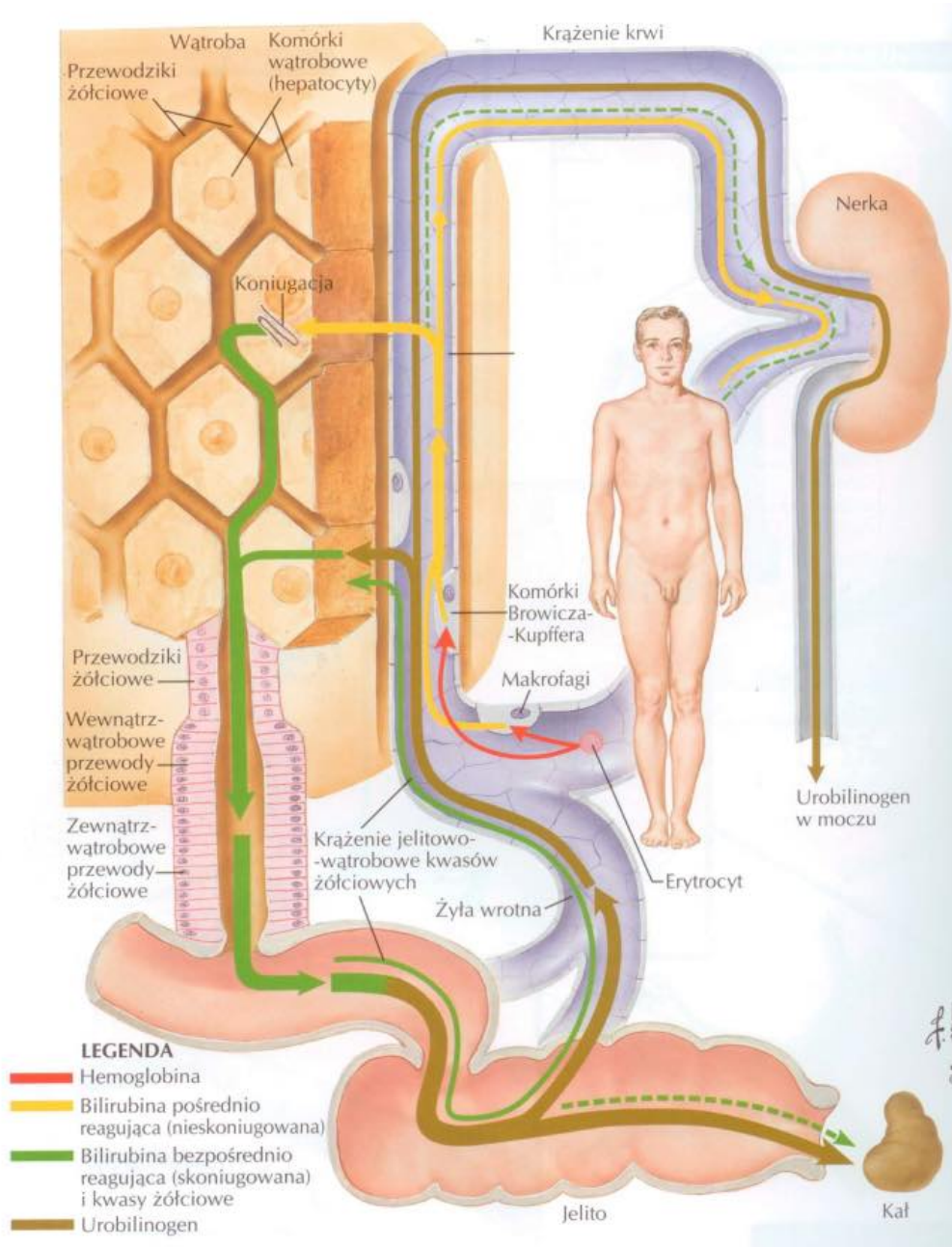
Przegląd czynności wątroby



Wybrane funkcje wątroby:

- * Magazynowanie (glikogen, tłuszcz, białka i witaminy)
- * Produkcja komórkowych materiałów energetycznych (glukoza, kwasy tłuszczowe, keto-kwasy)
- * Wytwarzanie białek osocza i czynników krzepnięcia
- * Metabolizm leków i toksyn
- * Wydalanie zbędnych substancji (np. bilirubina)
- * Produkcja kwasów żółciowych
- * Fagocytoza obcych substancji przedostających się z przewodu pokarmowego do krwiobiegu (komórki Kupffera-Borowicza)
- *- Fagocytoza uszkodzonych erytrocytów (komórki jednojądrzaste MPS)

Produkcja i wydalanie bilirubiny



Fagocytoza uszkodzonych erytrocytów przez fagocytarne komórki jednojądrzaste

Degradacja hemoglobiny

Bilirubina

Sprzęganie z kwasem glukuronowym przez hepatocyty

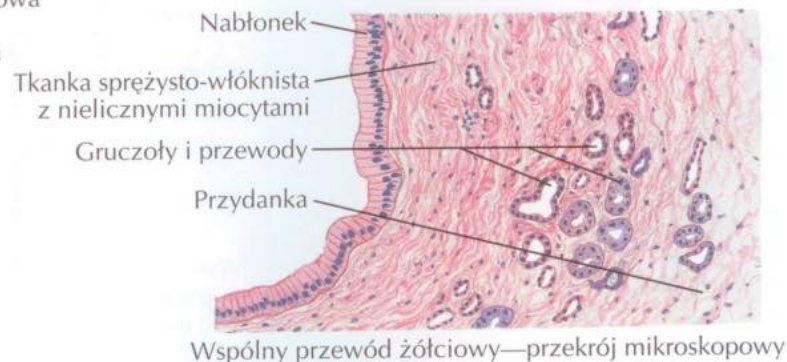
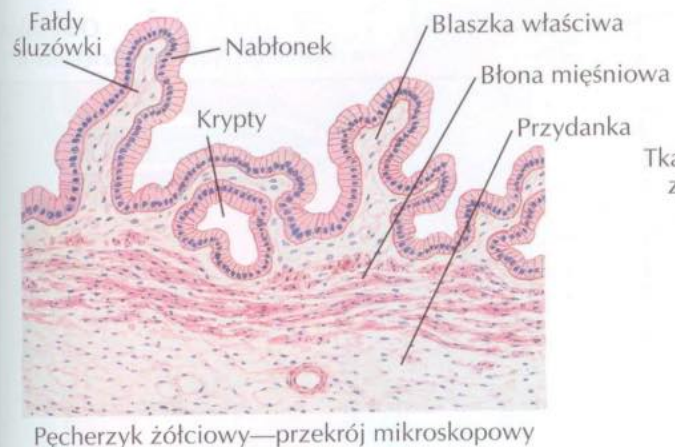
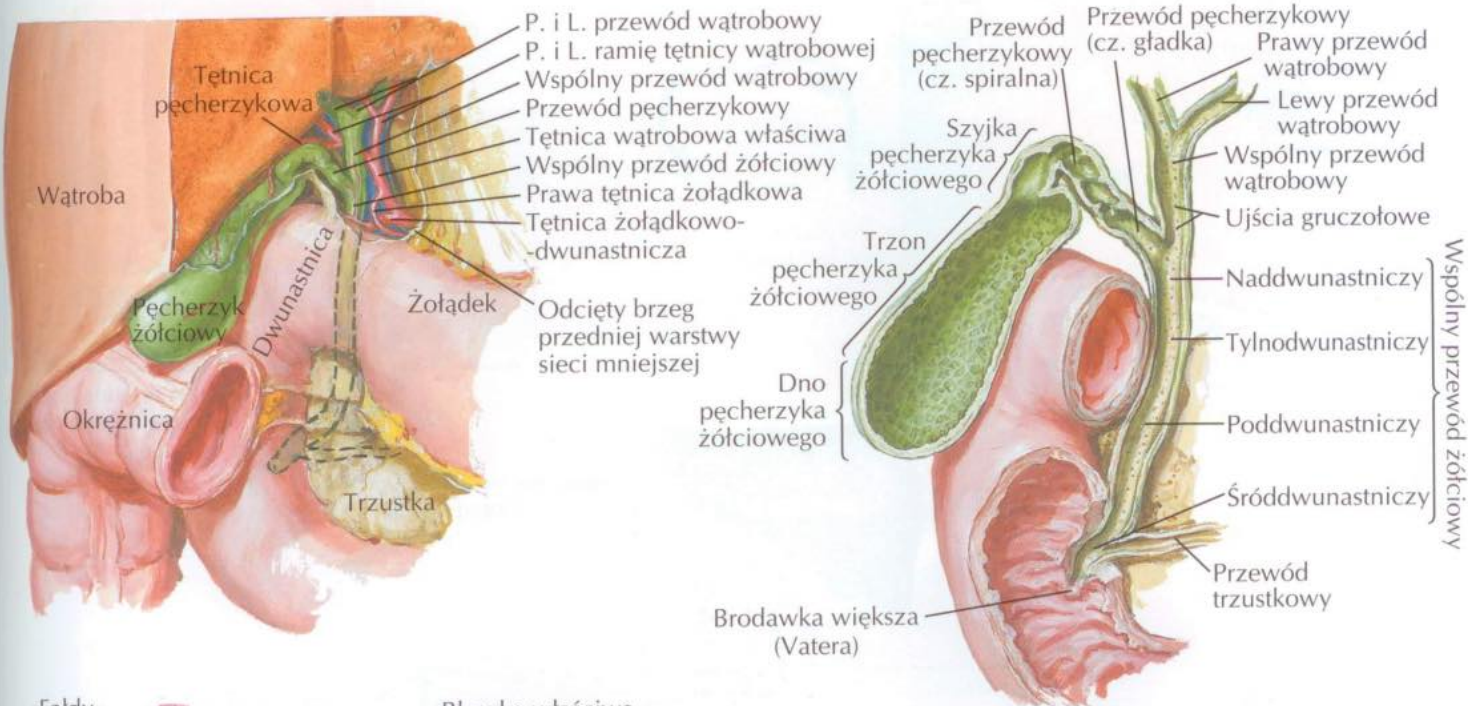
Bilirubina skoniugowana

Przemiana w urobilinogen (jelito – bakterie)

Woreczek żółciowy

Nerki

Budowa i funkcja pęcherzyka żółciowego



Narząd przyczepiony do powierzchni wątroby o pojemności 20-50ml.

Żółć magazynowana w pęcherzyku żółciowym podlega zagęszczeniu.

Żółć zawiera kwasy żółciowe, wspomagające trawienie poprzez proces emulgacji tłuszczów (micele).

Pobudzenie via układ nerwowy oraz **cholecystokininę** (**wydzielaną w dwunastnicy pod wpływem obecności tłuszczów**), powoduje transport żółci do części zstępującej dwunastnicy.

Transport płynu i elektrolitów w przewodzie pokarmowym

Płyn wydzielany do przewodu pokarmowego umożliwia utrzymanie w stanie płynnym treści jelitowej i umożliwia trawienie.

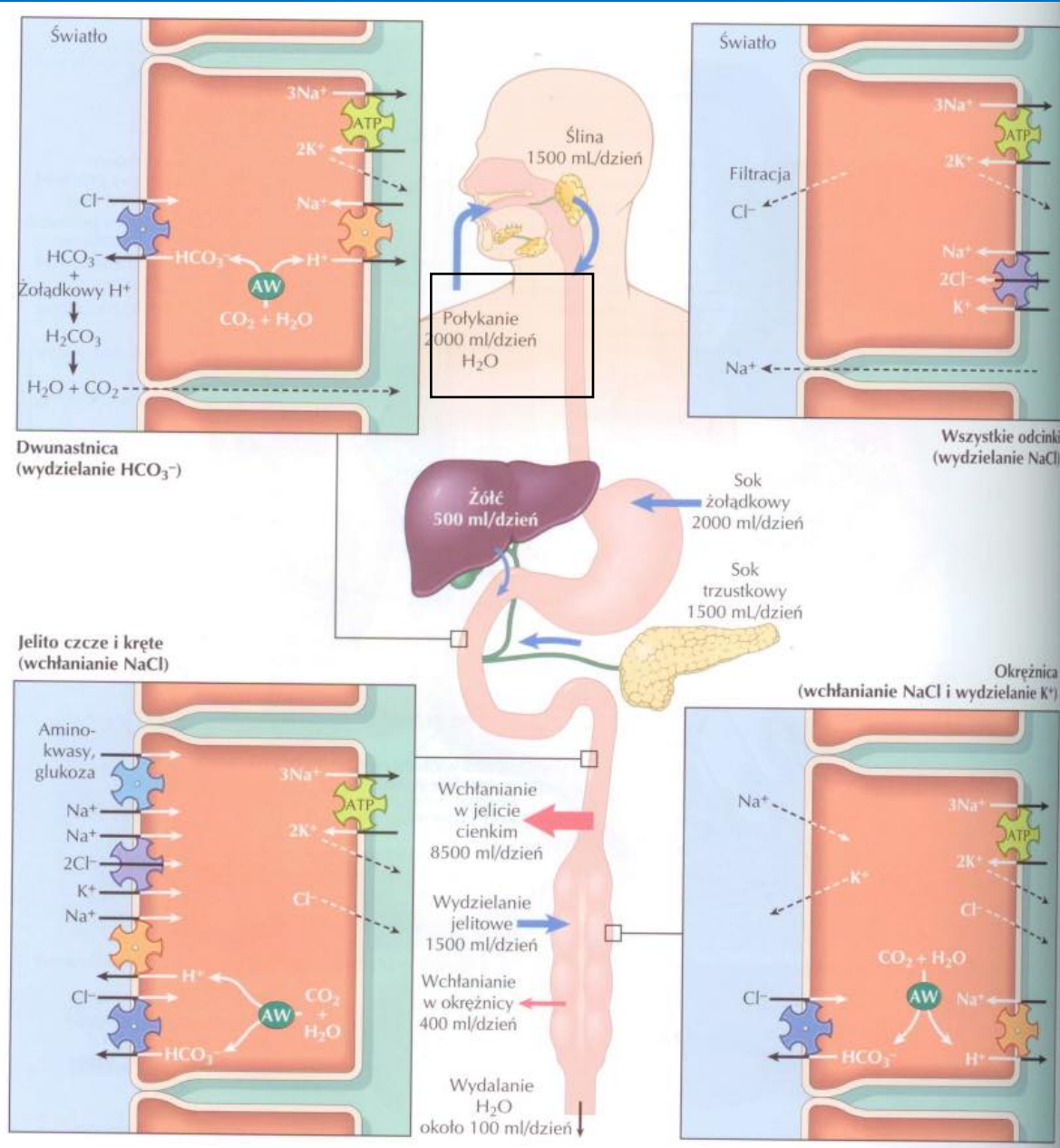
Ilości płynów:

- ślina 1500ml/24h
- połykanie 2000ml/24h
- sok żołądkowy 2000ml/24h
- sok trzustkowy 1500ml/24h
- żółć 500ml/24h
- wydzielanie jelitowe: 1500ml/24h

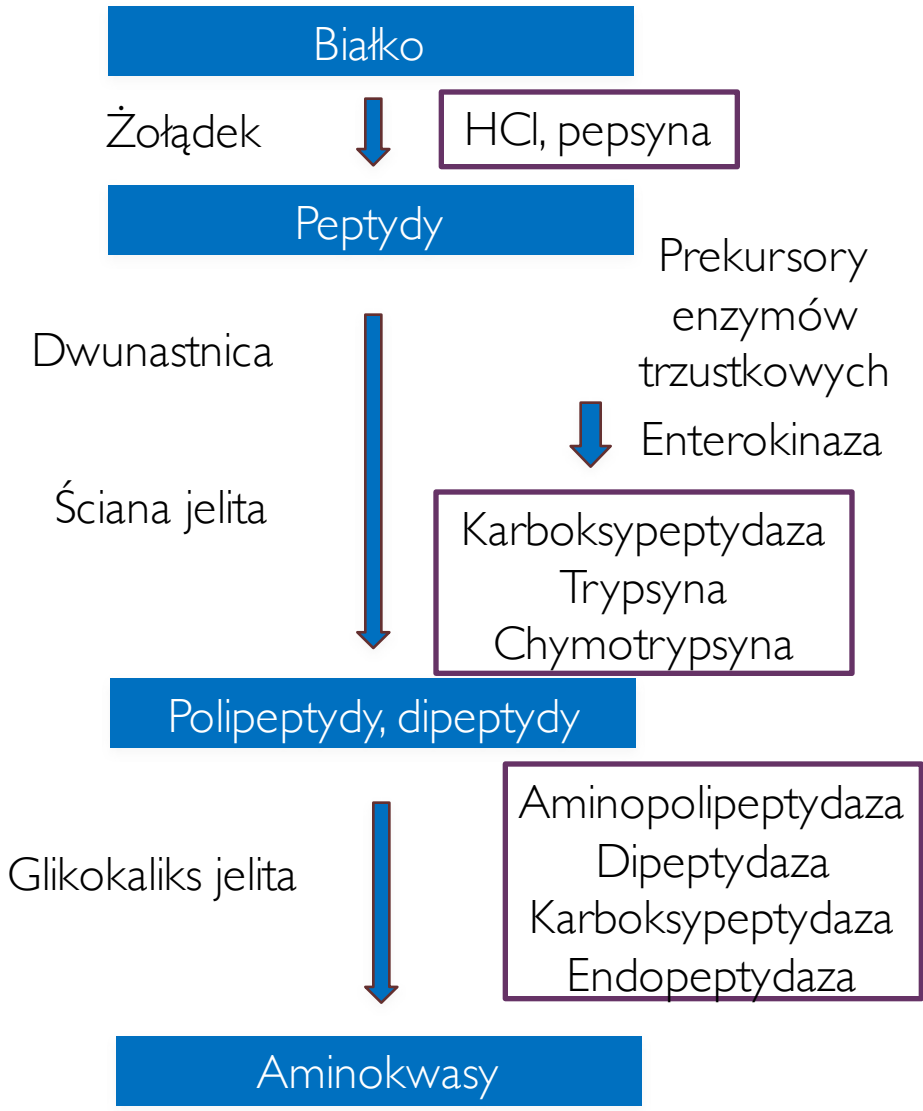
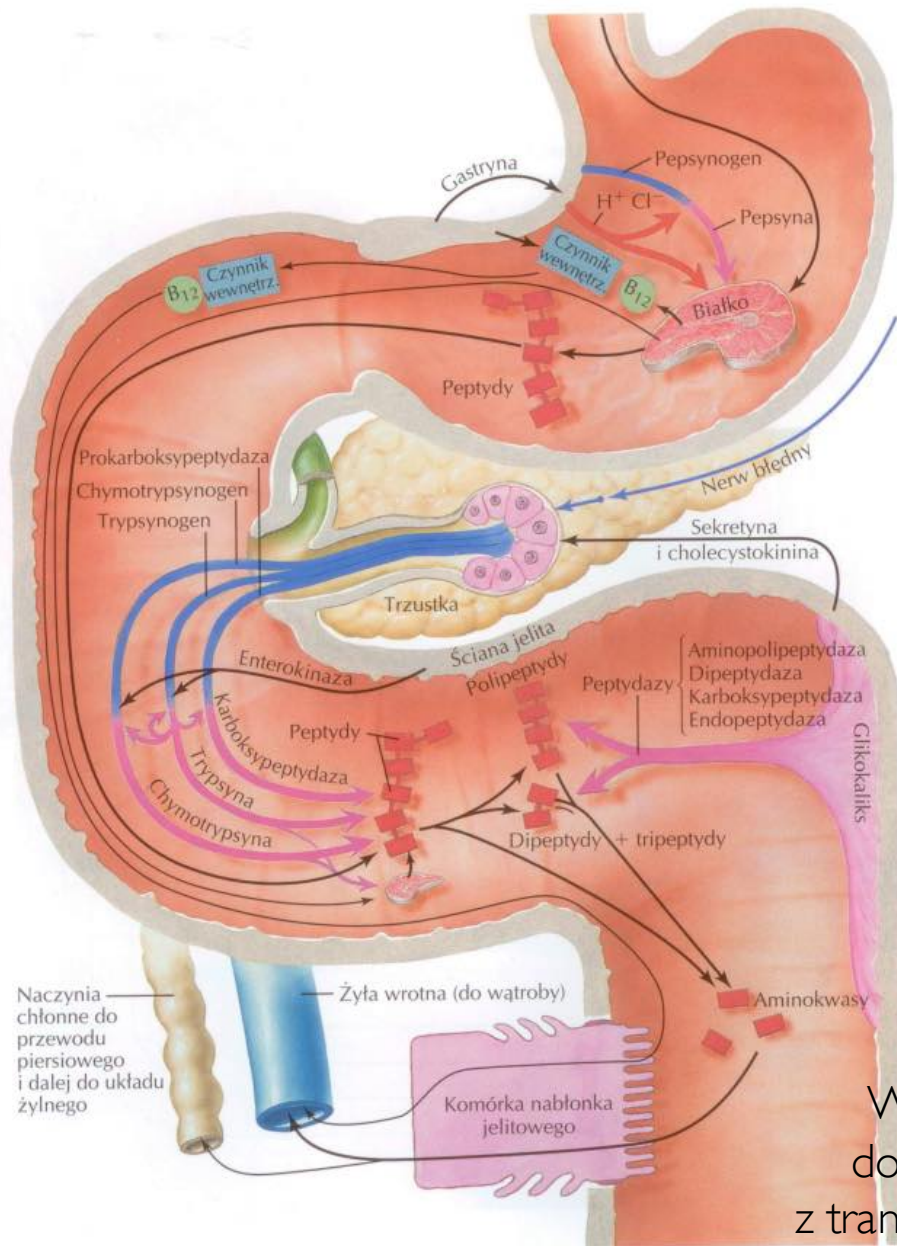
Prawidłowo płyn wydzielany jak i przyjmowany w postaci napojów, wchłaniany jest w jelitach (ponad 90% w jelicie cienkim)

100ml wody dziennie wydalone z kałem

Gospodarka wodna kontrolowana jest przez transport elektrolitów.

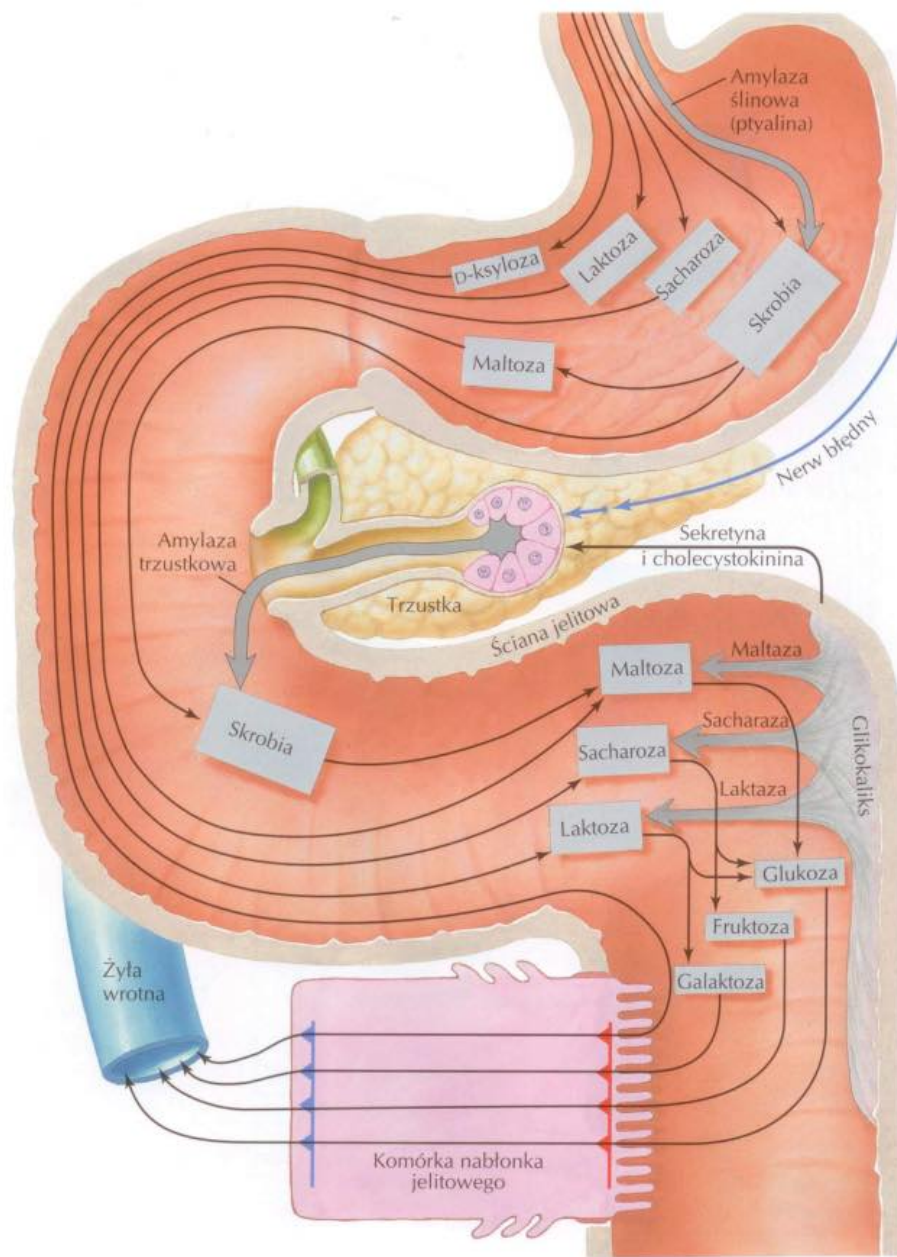


Trawienie białek



Wchłanianie przez komórki nabłonka jelitowego do żyły wrotnej oraz naczyń chłonnych sprzężone z transportem protonów (tri- i dipeptydy) i jonów sodu (aminokwasy)

Trawienie węglowodanów



Laktoza, sacharoza,
skrobia

Jama ustna,
żołądek

Amylaza ślinowa
(ptyalina)

Laktoza, sacharoza,
skrobia → maltoza

Dwunastnica

Amylaza
trzustkowa

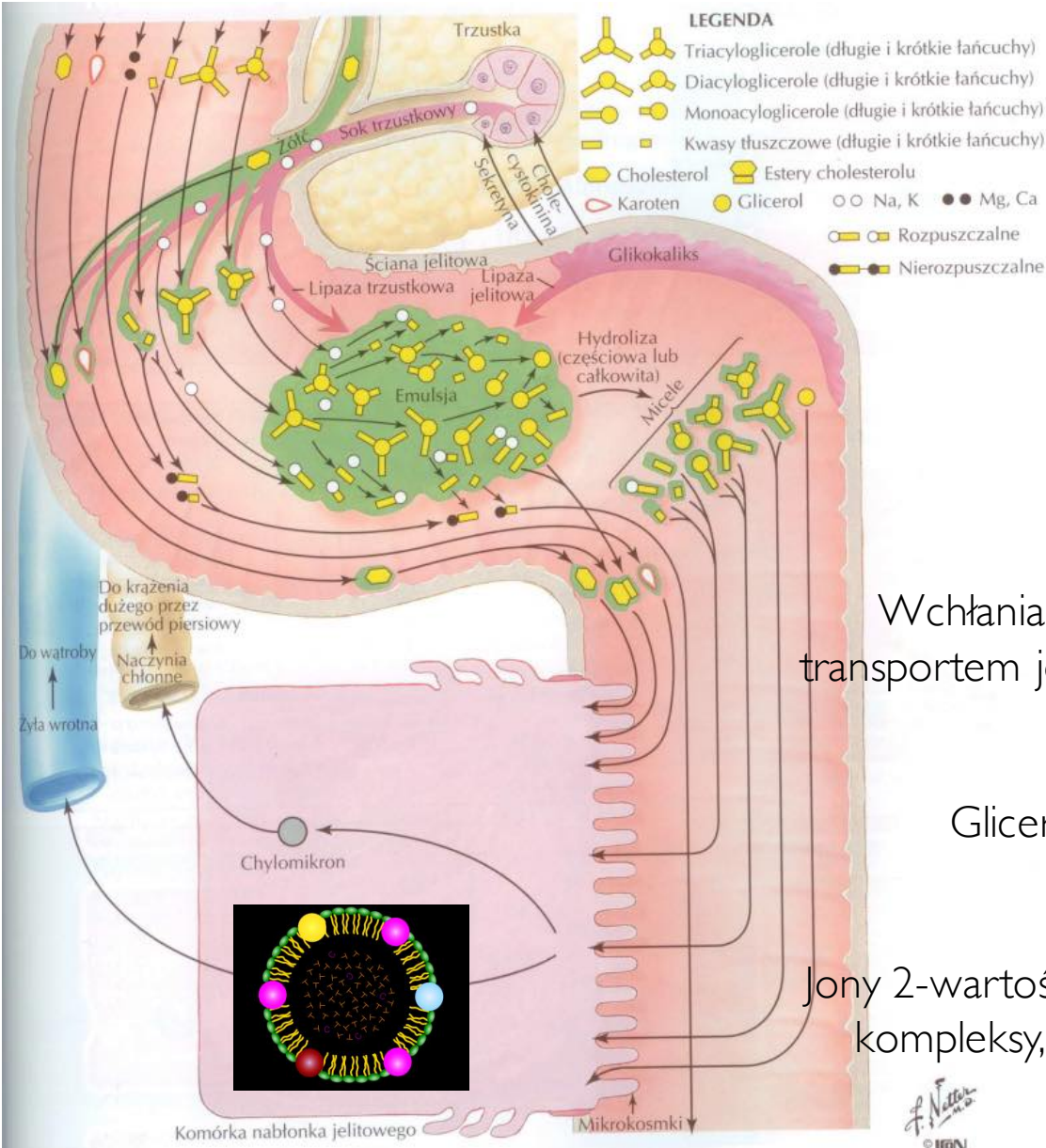
Laktoza, sacharoza,
maltoza

Glikokaliks
jelita

Maltaza
Sacharaza
Laktaza

Laktoza → Glukoza, Galaktoza
Sacharoza → Glukoza, Fruktoza
Maltoza → Glukoza

Wchłanianie przez komórki nabłonka jelitowego
do żyły wrotnej sprzężone z transportem jonów
sodu



Triacyloglicerole
Diacyloglicerole

Jelito

↓

Żółć,
Lipaza trzustkowa
Lipaza jelitowa

Emulsja

Jelito

↓

Hydroliza

Micele mieszane

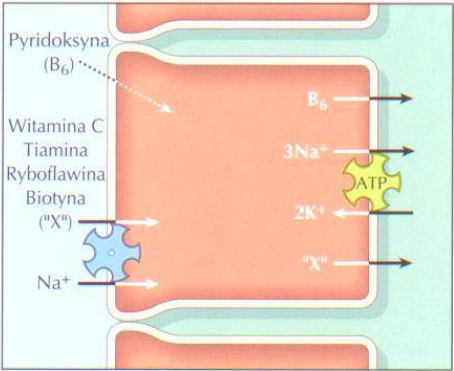
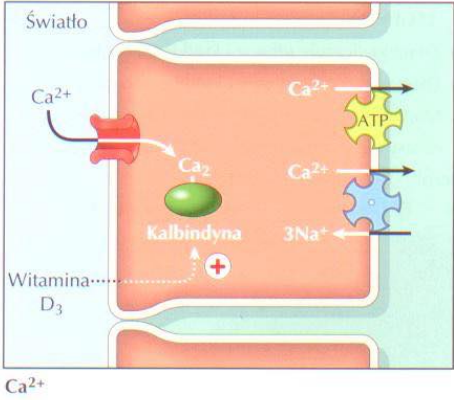
Wchłanianie przez komórki nabłonka jelitowego sprzężone z transportem jonów sodu do żyły wrotnej, bądź poprzez chylomikrony do węzłów chłonnych

Glicerol i mniejsze kwasy tłuszczowe wchłaniają się do krążenia wrotnego bez pośrednictwa miceli

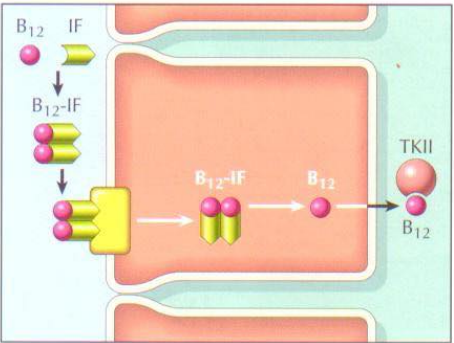
Jony 2-wartościowe tworzą z kwasami tłuszczowymi nierozpuszczalne kompleksy, zapobiegające ich wchłanianiu (możliwość zubożenia zasobów wapnia)

Wchłanianie niezbędnych witamin i składników mineralnych

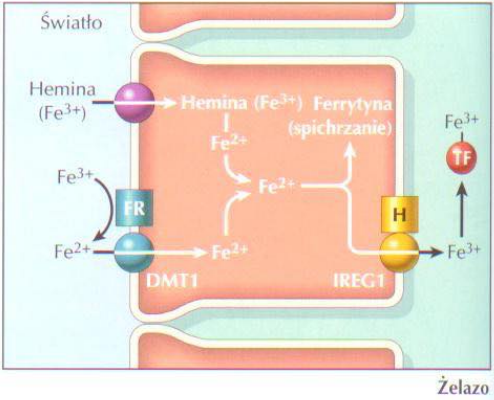
Skróty:



Witaminy rozpuszczalne w wodzie

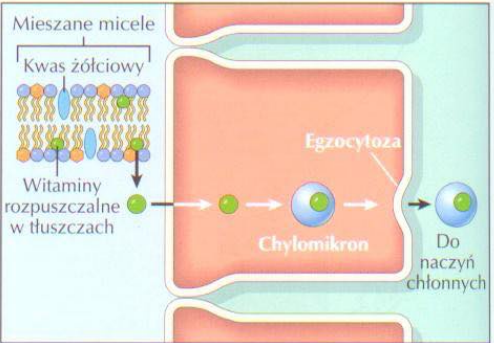


Witamina B12



Żelazo

Substancja	Miejsce wchłaniania	Mechanizm transportu
Ca ²⁺	Dwunastnica i j. czcze	Czynny
Fe ²⁺	Dwunastnica i j. czcze	Ułatwiona dyfuzja
Witaminy rozpuszczalne w wodzie		
Witamina C	Jelito kręte	Czynny 2° sprzężony z Na ⁺
Tiamina (B ₁)	Jelito czcze	Czynny 2° sprzężony z Na ⁺
Ryboflawina (B ₂)	Jelito czcze	Czynny 2° sprzężony z Na ⁺
Biotyna	Jelito czcze	Czynny 2° sprzężony z Na ⁺
Witamina B ₁₂	Jelito kręte	Ułatwiona dyfuzja
Pyridoksyna (B ₆)	J. czcze i j. kręte	Bierna dyfuzja
Witaminy rozpuszczalne w tłuszczach		
Witamina A	J. czcze i j. kręte	Bierna dyfuzja
Witamina D	J. czcze i j. kręte	Bierna dyfuzja
Witamina E	J. czcze i j. kręte	Bierna dyfuzja
Witamina K	J. czcze i j. kręte	Bierna dyfuzja



Witaminy rozpuszczalne w tłuszczach

DMT I – dwuwartościowy transporter metalu
H – hefestyna
IREG I – transporter żelaza I

IF – czynnik wewnętrzny (B12)
TCII – transkobalamina
TF - transferyna

Wchłanianie niezbędnych witamin i składników mineralnych

Substancja	Miejsce wchłaniania	Mechanizm transportu
Ca ²⁺	Dwunastnica i j. czcze	Czynny
Fe ²⁺	Dwunastnica i j. czcze	Ułatwiona dyfuzja
Witaminy rozpuszczalne w wodzie		
Witamina C	Jelito kręte	Czynny 2° sprzężony z Na ⁺
Tiamina (B ₁)	Jelito czcze	Czynny 2° sprzężony z Na ⁺
Ryboflawina (B ₂)	Jelito czcze	Czynny 2° sprzężony z Na ⁺
Biotyna	Jelito czcze	Czynny 2° sprzężony z Na ⁺
Witamina B ₁₂	Jelito kręte	Ułatwiona dyfuzja
Pyridoksyna (B ₆)	J. czcze i j. kręte	Bierna dyfuzja
Witaminy rozpuszczalne w tłuszczach		
Witamina A	J. czcze i j. kręte	Bierna dyfuzja
Witamina D	J. czcze i j. kręte	Bierna dyfuzja
Witamina E	J. czcze i j. kręte	Bierna dyfuzja
Witamina K	J. czcze i j. kręte	Bierna dyfuzja