



Curso de Graduação – Biologia

BMW-360 – Elementos de

Fisiologia e Anatomia II

2015/2



Lídia Moreira Lima (Ph.D)
Professora Associada, LASSBio, PPDF, ICB-UFRJ
lidialima@ufrj.br
lmlima23@gmail.com

Bibliografia: a) Barrett, KE, Barman, SM, Boitano, S, Brooks, HL. Fisiologia Médica de Ganong, 24ª Edição, Artmed, Porto Alegre, 2014; b) Hall, JE. Guyton & Hall - Fundamentos de Fisiologia, 12ª Edição, Elsevier, 2011

Fisiologia Sistema Digestório

Sistema Digestório Humano

Orgãos:

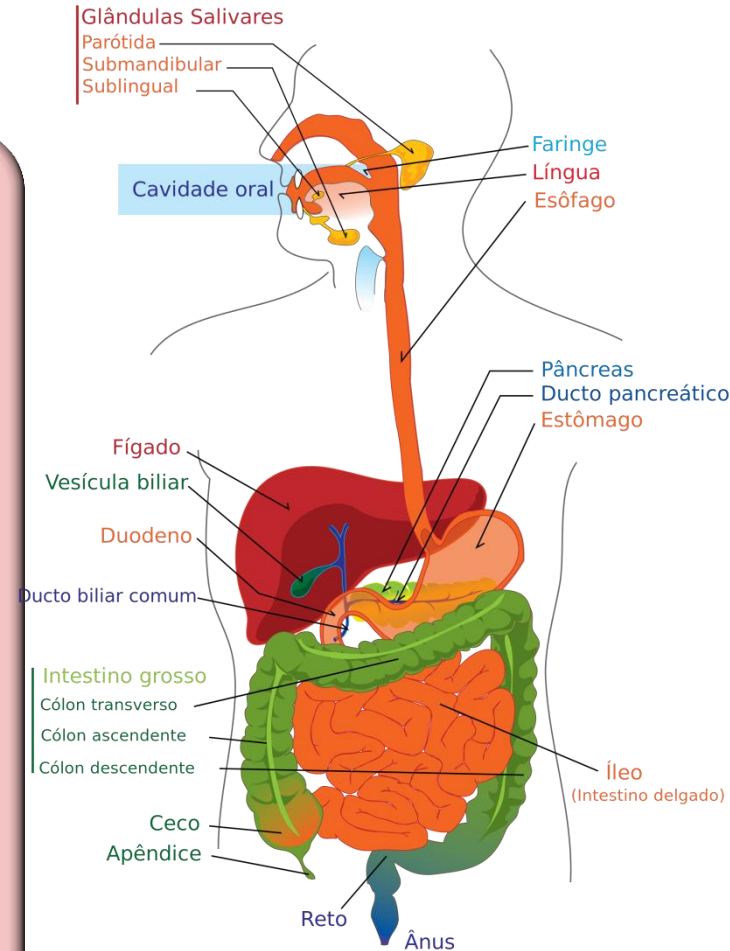
Boca,
Esôfago,
Estômago,
Duodeno,
Jejuno,
Íleo,
Ceco,
Colo,
Retos e
ânus

Glândulas anexas:

Pâncreas,
Vesícula biliar,
Glândulas
salivares

Esfínteres:

Esofágico
superior,
Esofágico
inferior,
Píloro,
Válvula
íleocecal;
E. anais
interno e
externo.

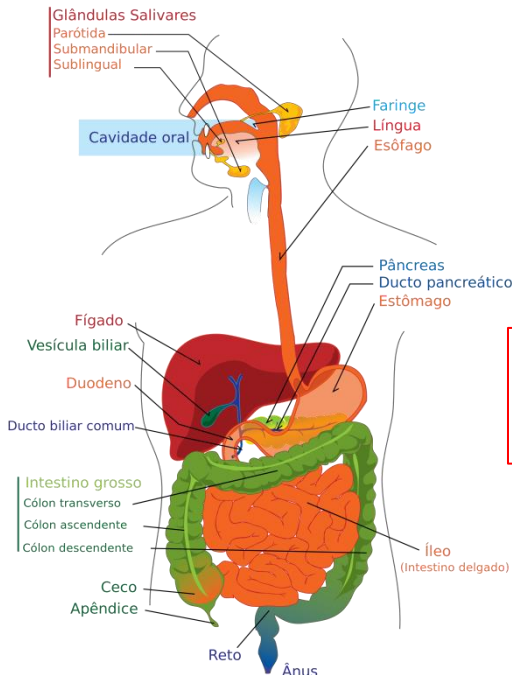


Função primária do TGI: Servir como um portal por onde nutrientes e água podem ser absorvidos para dentro do corpo.

Fisiologia Sistema Digestório

SECREÇÕES GASTROINTESTINAIS

Secreção Gástrica

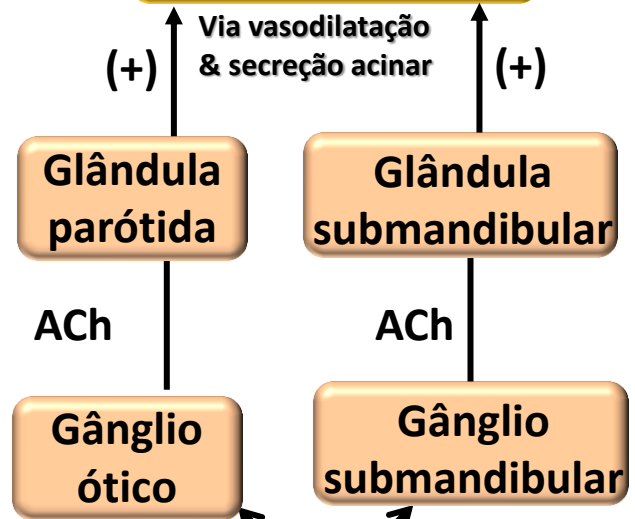


Secreção Salivar

Produzida pelas Glândulas Salivares:
Acinosas: e.g. parótida (pouco ductos e rica em enzimas)
Tubeacinosas: e.g. submandibular e sublingual (presença de ductos e ácidos)

Amilases, lisozimas, IgA, Mucinas. A saliva é hipotônica e alcalina. Produzidos 1L a 1,5L de saliva/dia

Funções da saliva:
Facilitar a deglutição, boca úmida; ajuda a fala; anti-bacteriana; pH 7,0



Controle parassimpático

Núcleos salivatórios do bulbo

(-) Sono, fadiga e medo

(+) olfato, paladar, audição, visão

(+) Pressão na boca, **mastigação**

Nota: o controle simpático modifica a composição da saliva (conteúdo proteínáceo), mas tem pouca influência sobre o volume de saliva

Fisiologia Sistema Digestório

Secreção Salivar

Componentes

Secreção serosa: pouca mucina, rica em **amilase e lipase** (glândulas Parótidas e submandibular)

Secreção de íons
(saliva é hipotônica)

Secreção mucosa: **rica em mucina**, que protege e lubrifica a mucosa (glândulas sublingual e submandibular)

Funções

MUCO: **gustação** (solubilização dos alimentos estimula as papilas gustativas); **limpeza** (remove restos de alimentos); **ação tamponante** (protege a mucosa contra alimentos ácidos)

ENZIMAS:

Lisozima (lise paredes das bactérias)

Lactoferrina (quelante de ferro, impede proliferação de bactérias ferro-dependente)

IgA (Ação contra vírus e bactérias)

α -amilase salivar (inicia digestão de carboidratos)

Lipase lingual (inicia digestão de gorduras)

Fisiologia Sistema Digestório

SECREÇÕES GASTRINTESTINAIS

Secreção Gástrica

Controle:
Fase Cefálica
Fase Gástrica
Fase Intestinal

Produzida por:
Glândulas da parede do estômago
Células superficiais que secretam muco e bicarbonato

Estímulos para secreção gástrica:
Gastrina

Ach
Histamina (H2)

Células G do antro

**Neurotransmissor (term nervosas entéricas):
Peptídeo liberador de gastrina ou bombesina**

Presença de oligopeptídeos no lúmen gástrico

Conteúdo em jejum:
Ânions (Cl⁻, HPO₄²⁻; SO₄²⁻)
Cátions (Na⁺, K⁺, Mg²⁺, H⁺)
Pepsinogênio
Lipase
Muco
Fator intrínseco

Nota: O ácido secretado por células parietais serve para esterilizar a refeição e dar início a hidrólise de macromoléculas; O **fator intrínseco** é importante para a absorção de VitB12 (cobalamina). O **pepsinogênio** é o precursor da pepsina, que inicia a digestão de proteínas. **Lipase** inicia digestão dos lipídeos.

Fisiologia Sistema Digestório

Secreção Gástrica

glândula oxíntica

célula parietal

HCl
ácido clorídrico

gastrina

histamina

acetilcolina

Produção de muco e HCO_3^-

células superficiais

- Receptores em células epiteliais
- Receptores em células principais
- Receptores células enterocromafins, ECL (que estão localizadas nas glândulas e liberam histamina)

HCl
Fator Intrínseco
Lipase, amilase
gelatinase

células parietais ou oxínticas

Produção de muco, bicarbonato

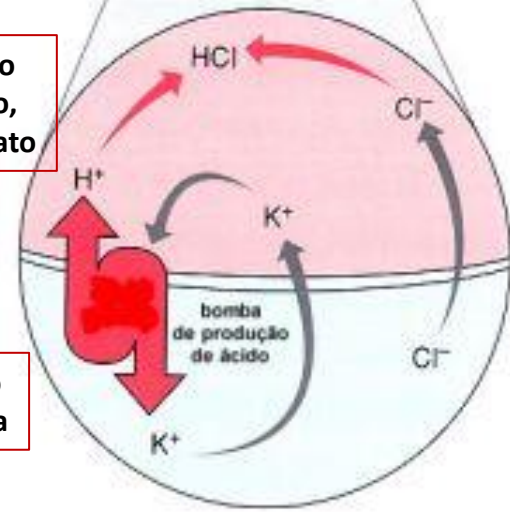
células mucosas

Produção histamina

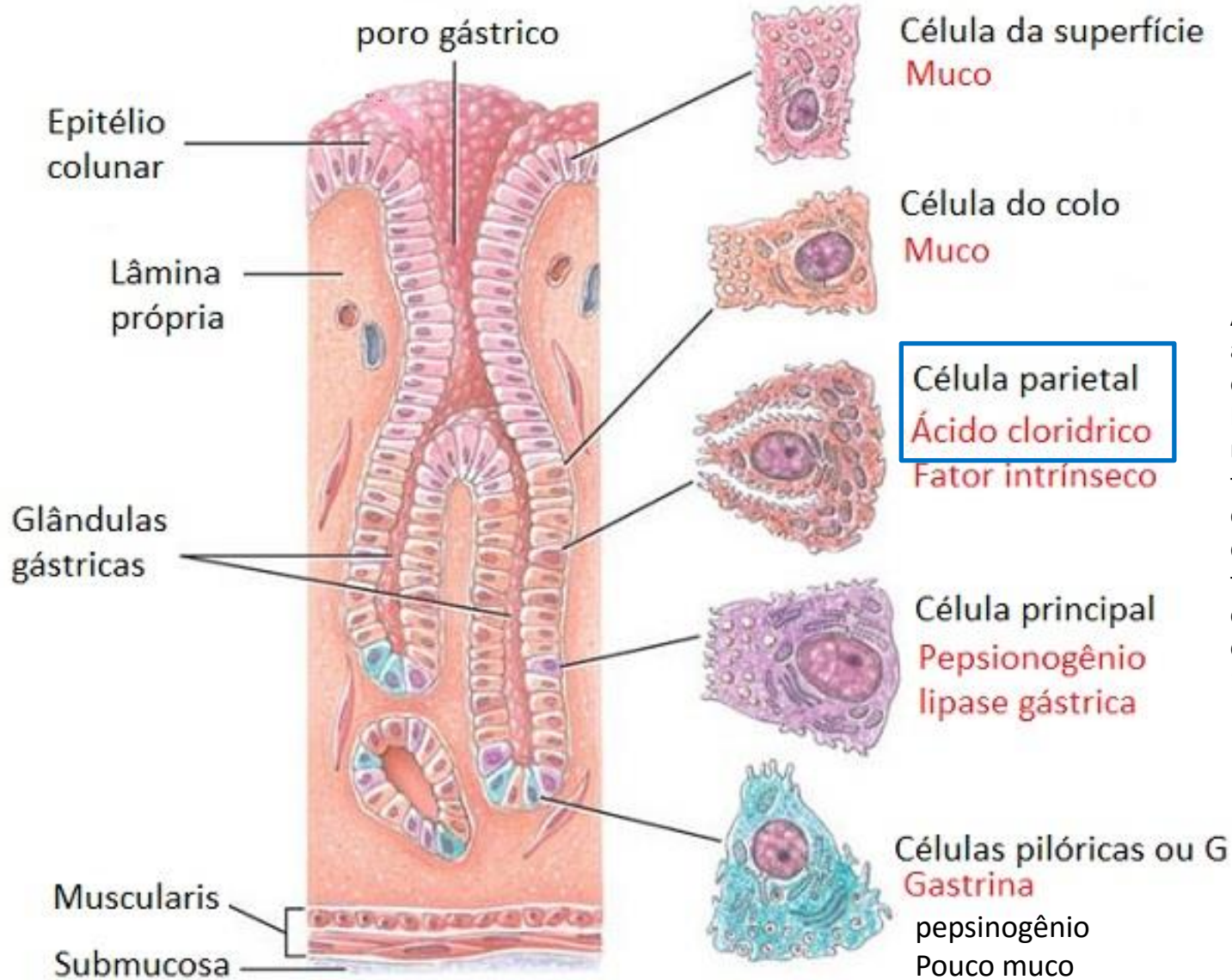
células endócrinas ou ECL

Pepsinogênio
Lipase gástrica

células principais ou pepticas ou zimogênicas



Fisiologia Sistema Digestório



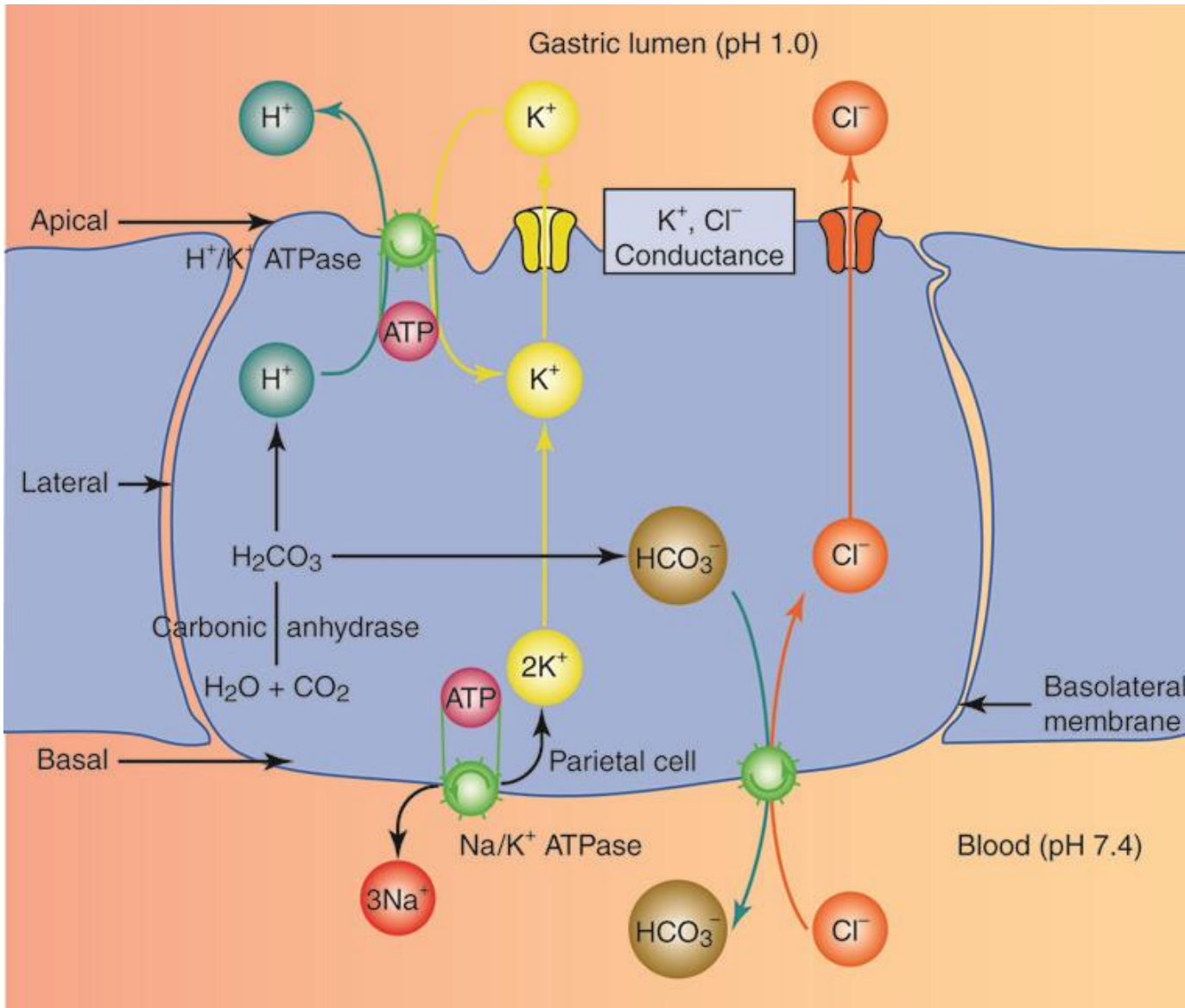
As células parietais são altamente especializadas em sua função de secretar HCl. Elas são cheias de mitocôndrias, as quais fornecem energia para dirigir a $H^+-K^+-ATPase$, que move íons H^+ para fora da célula parietal contra um gradiente de concentração de mais de 1 milhão de vezes maior.

NOTA: A parede gástrica é protegida pela barreira mucosa gástrica, composta por mucina e bicarbonato

Fisiologia Sistema Digestório

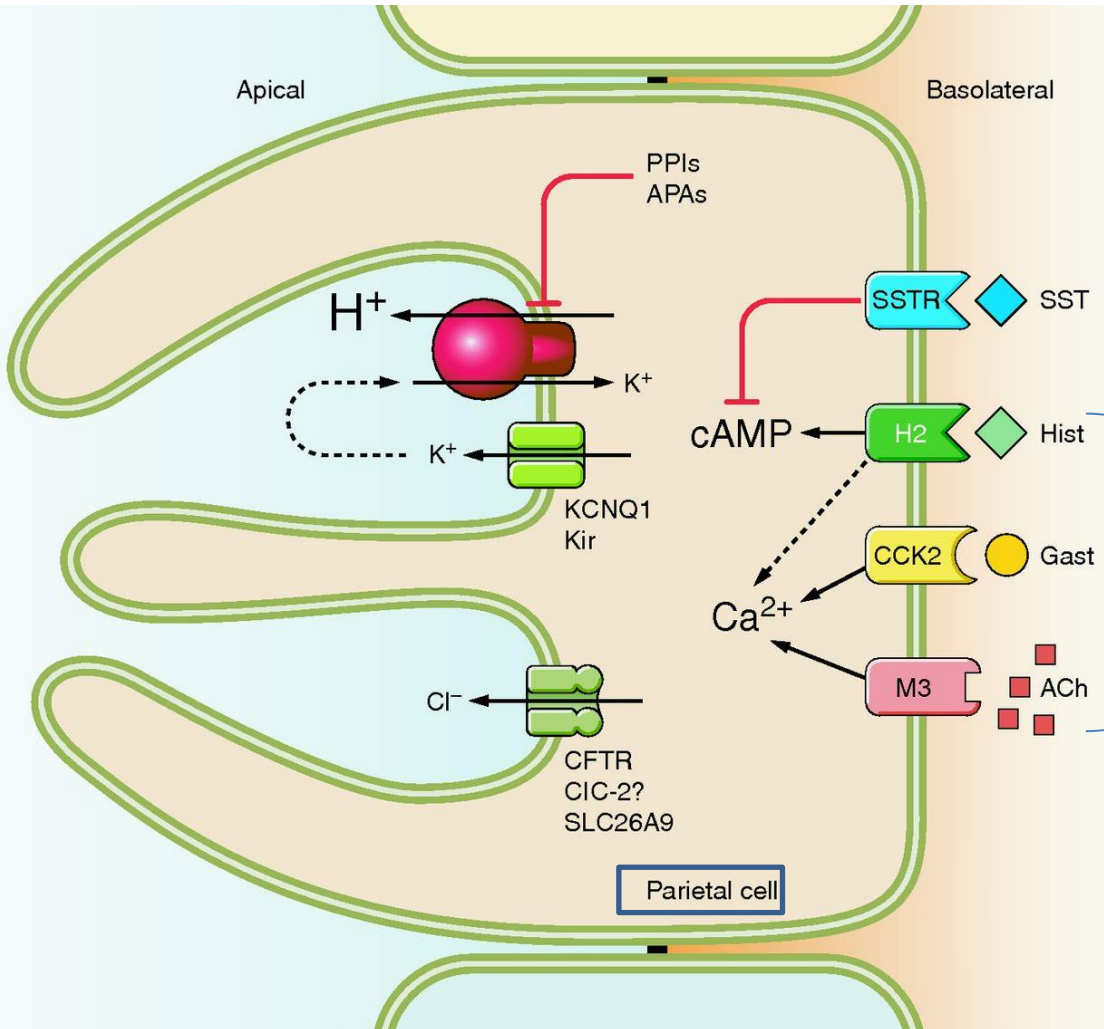
Secreção de HCl

O protón (H^+) é proveniente da reação catalisada pela anidrase carbônica (CA). Ele é secretado para a luz gástrica (lúmen) em troca de íons K^+ , via ação da bomba H^+/K^+ -ATPase. O íon bicarbonato (HCO_3^-) é absorvido pelo plasma em troca de íons Cl^- , que sai em direção ao lúmen gástrico formando HCl.



Fisiologia Sistema Digestório

Regulação da secreção gástrica



Parietal cell model. The gastric parietal cell is equipped with apical ion transport mechanisms that allow for the secretion of concentrated hydrochloric acid. Activation of basolateral secretagogue receptors mainly leads to an increase in either cAMP (histamine) or calcium (acetylcholine, gastrin), causing apical insertion and activation of the H⁺-K⁺-ATPase. Somatostatin reduces intracellular cAMP levels. ACh, acetylcholine; APAs, acid pump antagonists; Gast, gastrin; Hist, histamine; PPIs, proton pump inhibitors; SST, somatostatin.

agonists

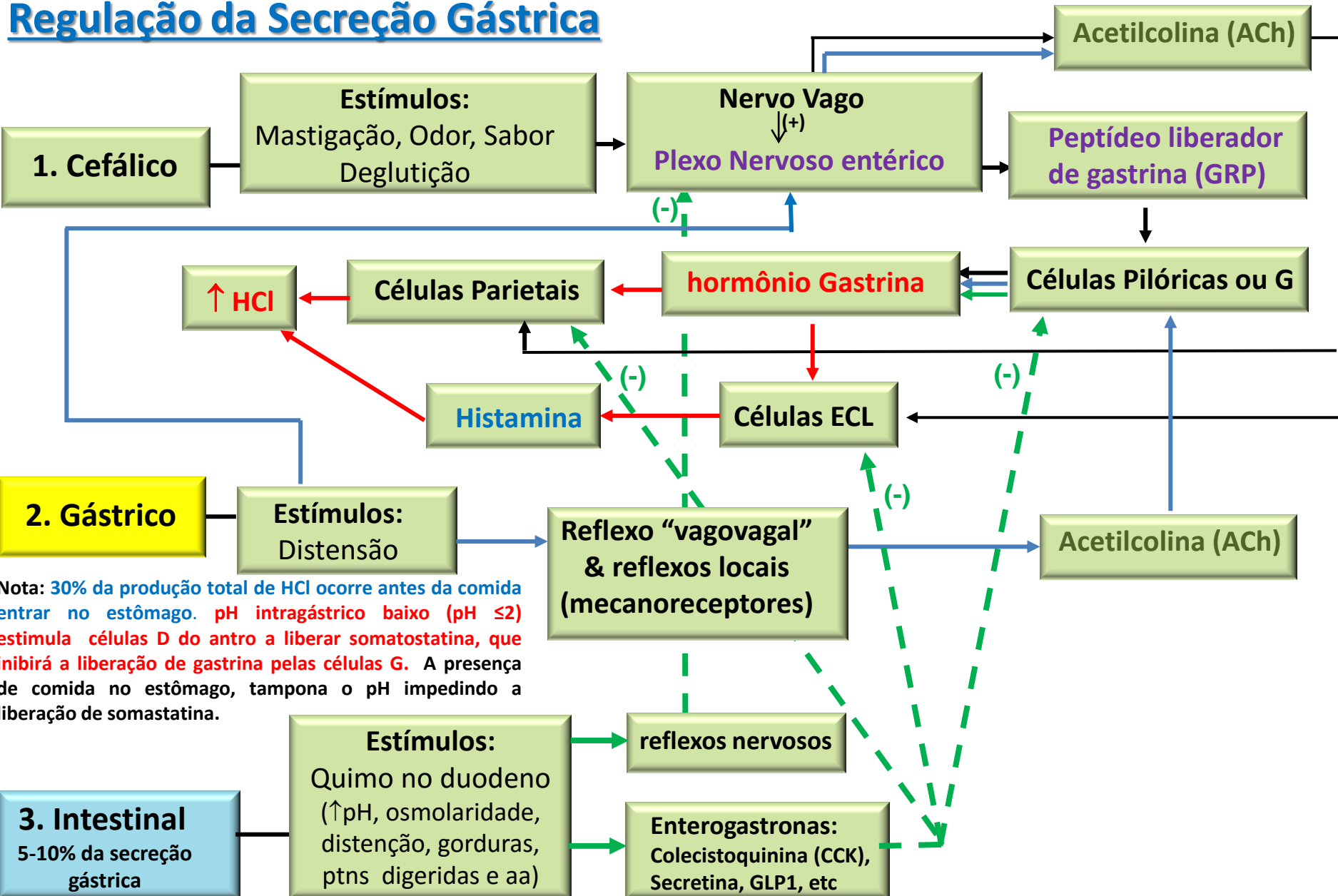
NOTA: ca. 2,5 L de secreção gástrica são adicionados por dia ao conteúdo intestinal.

A secreção gástrica é essencial para a absorção da cobalamina (vit B12), mas é dispensável para a digestão e absorção completa de uma refeição.

Por outro lado se reduzida cronicamente, leva ao aumento da suscetibilidade a infecções adquiridas via oral.

Fisiologia Sistema Digestório

Regulação da Secreção Gástrica



Fisiologia Sistema Digestório

Hormônios GI

Papel: regulação da secreção e motilidade gastrointestinal

Família da gastrina:
E.g. gastrina e CCK

CCK=colecistocinina

Estímulos que ↑ secreção de gastrina:
(Lúmen): peptídeos e aa, distensão
(Neural): descarga vagal
(Hematogênicos): Ca²⁺, adrenalina

Estímulos que ↓ secreção de gastrina:
(Lúmen): acidez, somatostatina
(Hematogênicos): secretina, GIP, VIP, glugacon, calcitonina.

Família da secretina:
E.g. secretina, glucagon, VIP e GIP

VIP= peptídeo intestinal vasoativo

GIP=peptídeo insulínico dependente de glicose

Estímulos que ↑ secreção de secretina:
Alimento e ácido no duodeno

Induz secreção de
GIP e GLP1

Secreção de
insulina

Induz secreção de
Secretina e CCK

Secreção
Pancreática e biliar

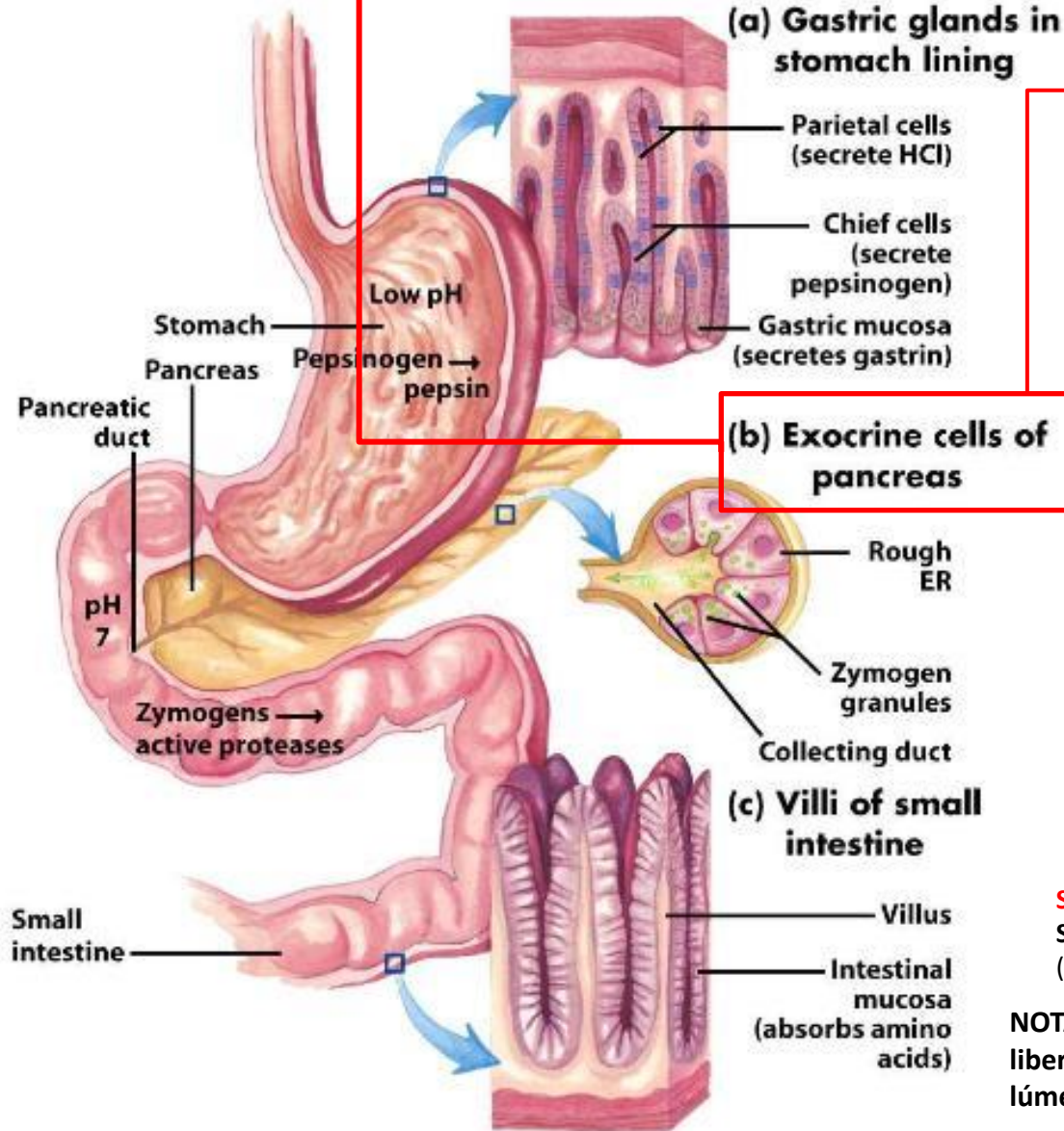
Digestão intestinal
do alimento

Fisiologia Sistema Digestório

Secreção Pancreática ou Suco Pancreático

Componente aquoso

Componente enzimático



Enzimas	substrato
Tripsina, quimiotripsina e elastase	Proteínas
carboxipeptidases	Proteínas
lipases	Gorduras
colipase	Gotículas de gordura
α -amilase	Polissacarídeos
desoxi e ribonucleases	Ácidos nucleicos
Fosfolipase A2	fosfolípidos

Secreção exógena: componente aquosa e enzimático.

Secreção endógena (ilhotas de Langerhans) secreção de insulina (cél. β), glucagon (cél. α) e somatostatina.

NOTA: a maioria das enzimas digestivas do suco pancreático é liberada em sua forma inativa, sendo ativadas ao alcançarem o lúmen intestinal, via clivagem proteolítica por tripsina.

Fisiologia Sistema Digestório

Secreção Pancreática

ca 1.5L de suco pancreático são sintetizados/dia

Componente aquoso

(Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺; Cl⁻, SO₄²⁻, HPO₄²⁻; ↑↑HCO₃⁻)
Conc. (HCO₃⁻) = 113 mEq/L x 24 mEq/L (plasma). pH ~8.0

secretina

(+)

Componente enzimático

quimio- e tripsina, elastase, amilase, lipase, ribonuclases

simpático

(-)

parassimpático

(+)

colecistocinina

(+)

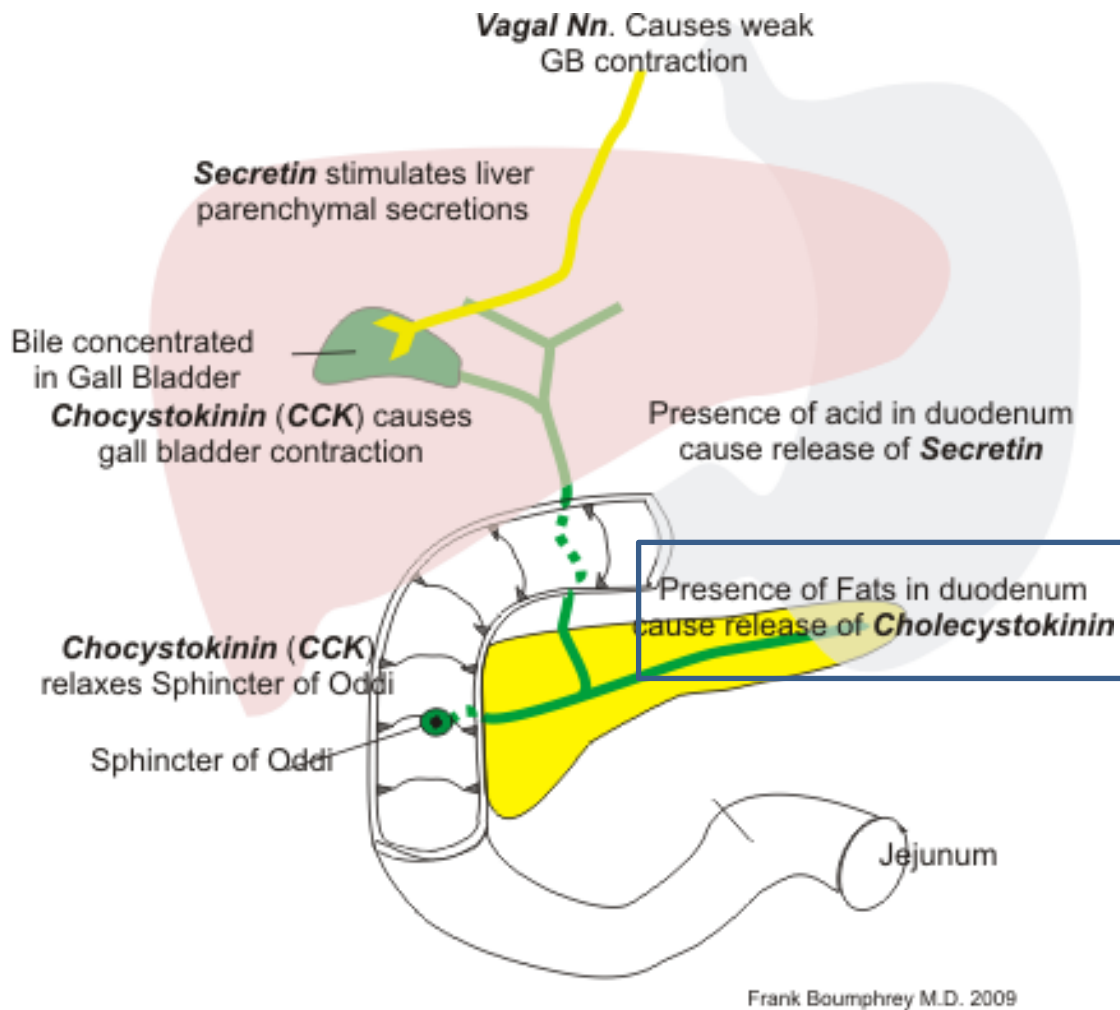
Controle:

- ✓ mecanismos reflexos (via vago). *Fase cefálica*
- ✓ e hormônios GI. *Fases gástrica e intestinal*

Nota: Sistema intestinal é dotado de conexões neurais extensas, incluindo conexões ao SNC (inervação extrínseca) e sistema nervoso entérico (SNE) largamente autônomo, que compreende tanto neurônios sensoriais como secretomotores. O SNE integra o influxo central ao intestino, mas tb pode regular a função intestinal independentemente, em resposta a alterações no ambiente do lúmen. Algumas substâncias, a exemplo da CCK, pode mediar a regulação por vias endócrinas, parácrinas e neurócrinas.

Fisiologia Sistema Digestório

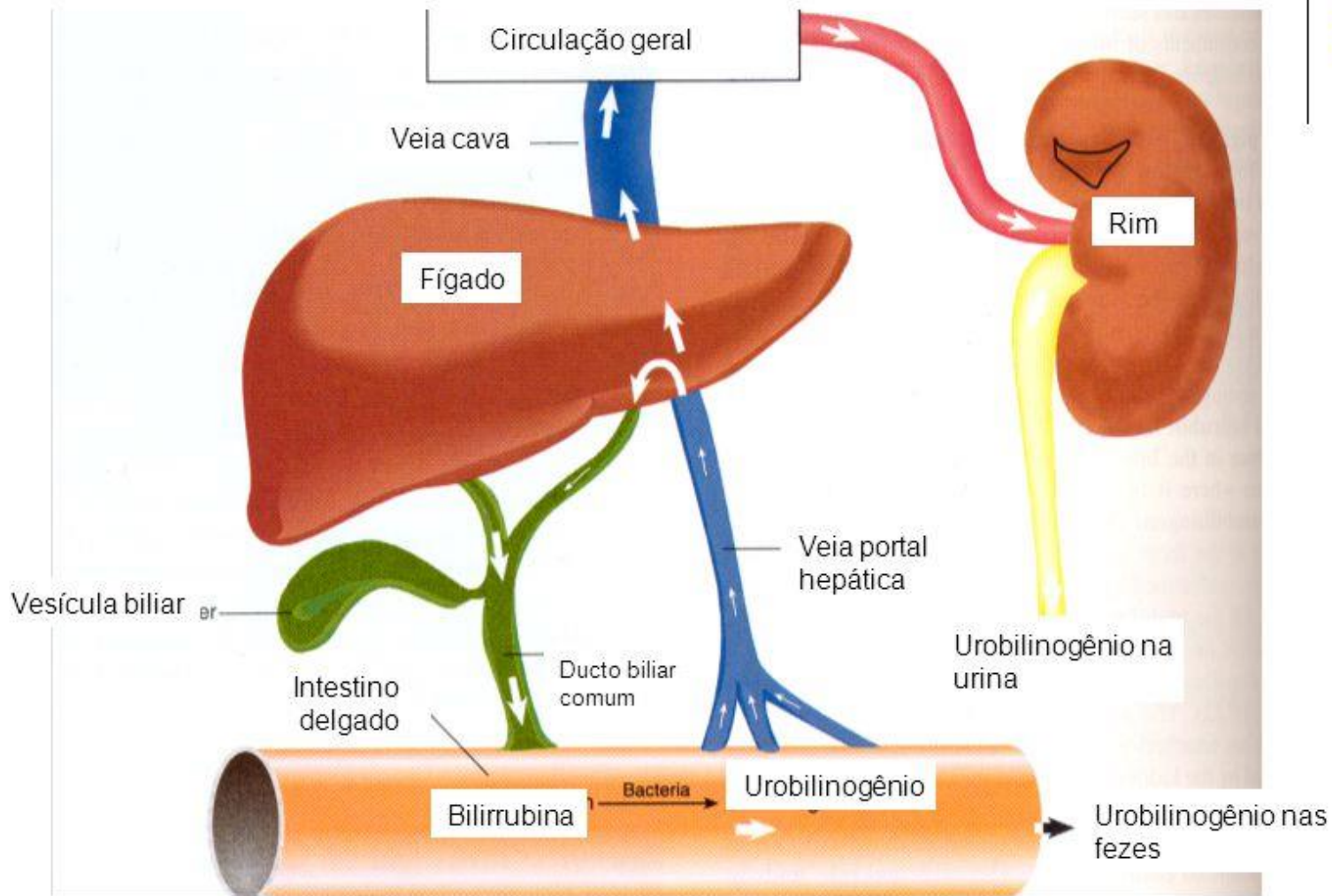
Secreção Biliar



Liver Secretion and Gall bladder emptying

- Bile produzida nos hepatócitos e armazenada na vesícula biliar.
- **Composição: ácidos e pigmentos biliares e outras substâncias, dissolvidos em uma solução eletrolítica alcalina que se assemelha ao suco pancreático.**
- **Papel: importantes na digestão e absorção de lipídeos. Serve como líquido excretor para descarte de produtos lipossolúveis (e.g colesterol, fármacos e seus metabólitos)**
- Ao considerar a bile uma secreção digestiva, os ácidos biliares serão seus principais componentes (ácido cólico, ácido quenodesoxicólico, ácido desoxicólico e ácido litocólico). Eles são formados a partir de colesterol e secretados na bile conjugados à glicina ou taurina.
- **Função dos sais biliares: ↓tensão superficial e emulsificação de gorduras (em conjunto com fosfolipídeos e monoglicerídeos), auxiliando em sua digestão e absorção no intestino delgado.**

Circulação entero hepática



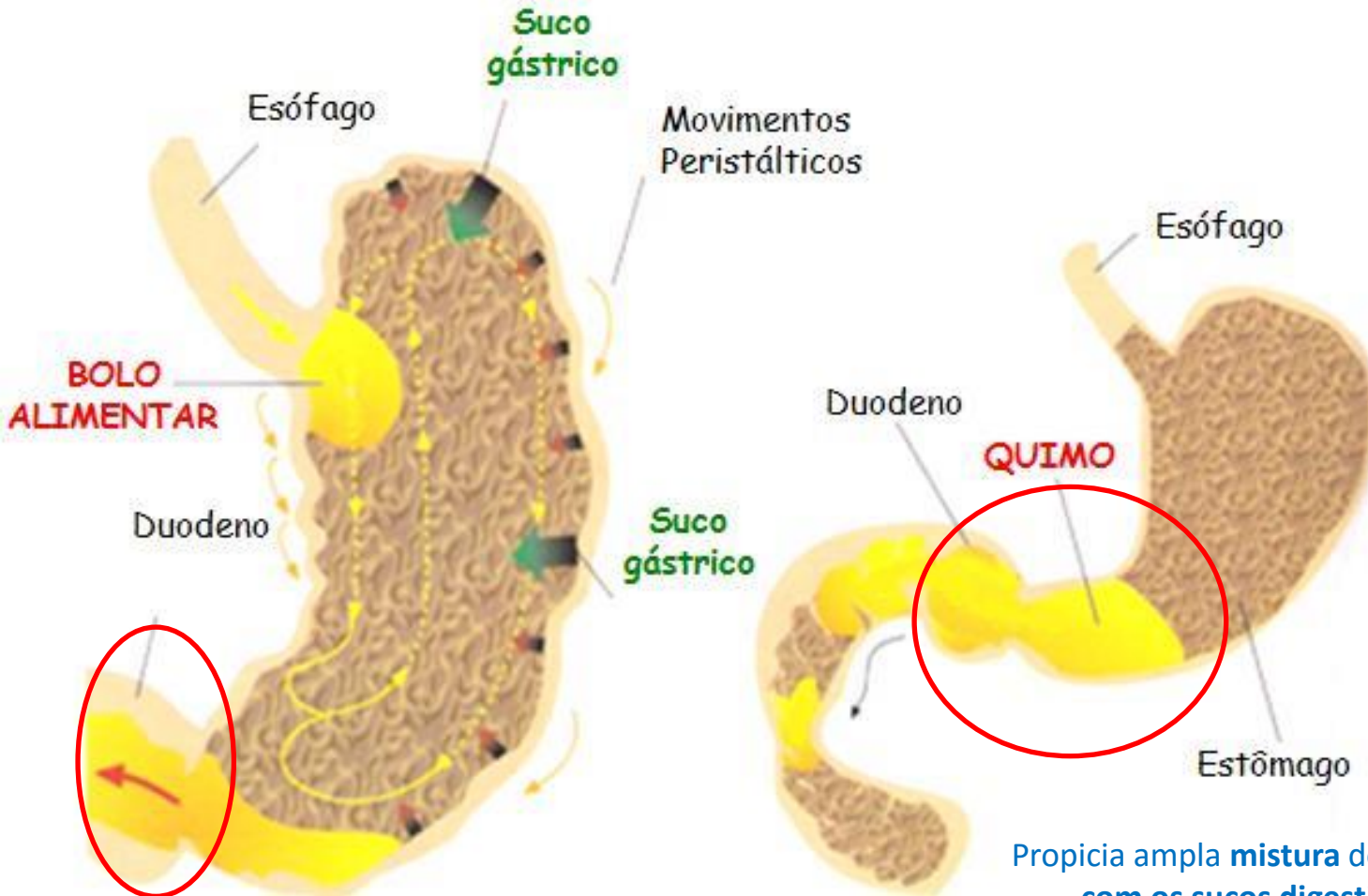
Professor: João Paulo

- Alguns componentes da bile são reabsorvidos no intestino e depois novamente excretados pelo fígado (circulação entero-hepática)

Fisiologia Sistema Digestório

Movimentos Peristálticos

- ✓ São movimentos involuntários realizados pelos órgãos do tubo digestivo, que são responsáveis por fazer com que o bolo alimentar caminhe ao longo deste tubo a fim de que a digestão ocorra no devido local.
- ✓ **Peristaltismo é uma resposta reflexa que se inicia quando a parede do intestino é distendida pelo conteúdo do lúmen, ocorrendo em todas as partes do TGI, do esôfago ao reto.**
- ✓ É a musculatura lisa que impulsiona os movimentos peristálticos, porém é o sistema nervoso autônomo que o coordena.

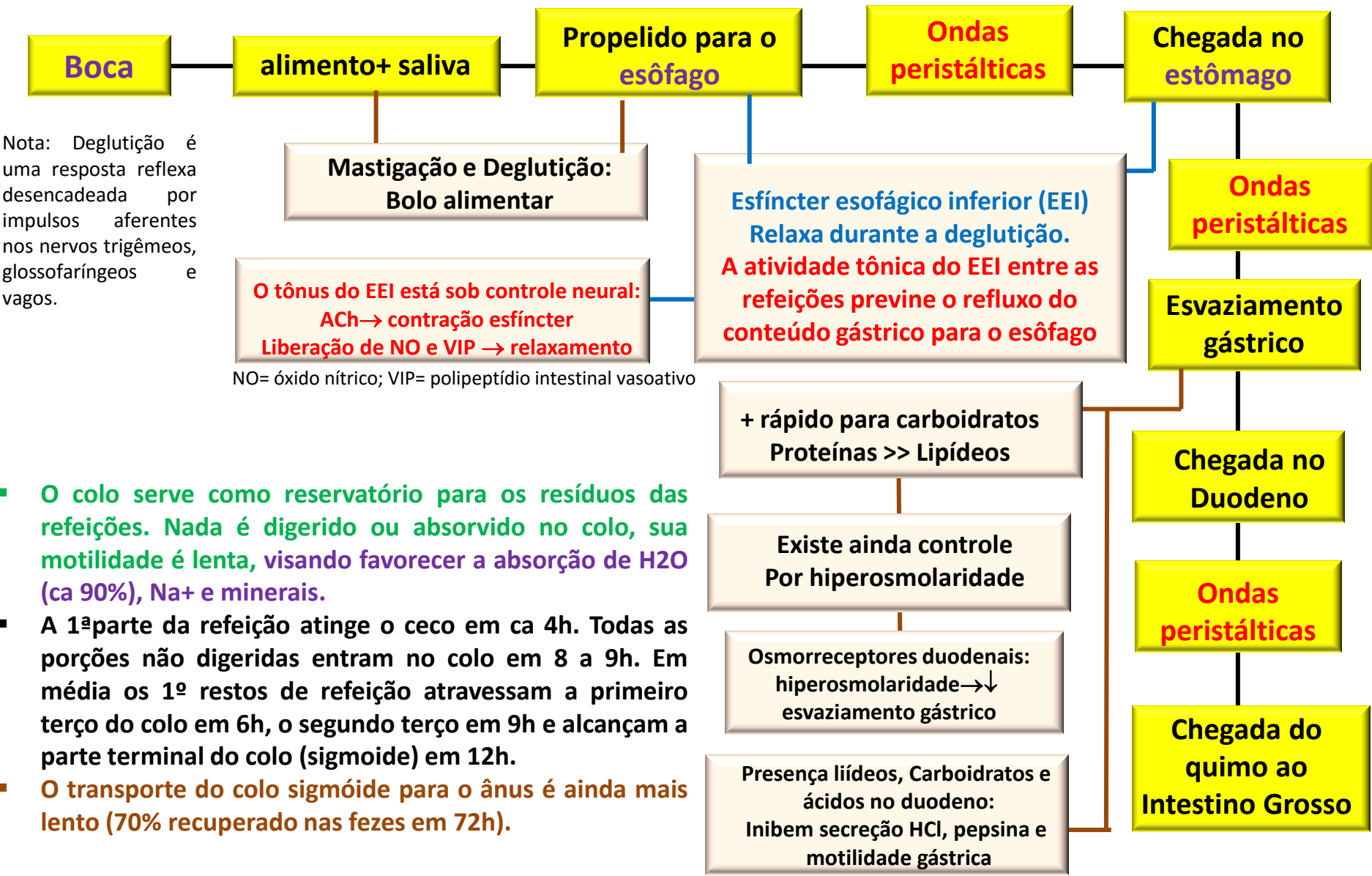


Quando a refeição está presente, o SN Entérico promove um padrão de motilidade que está relacionado com o peristaltismo, mas se destina a retardar o movimento do conteúdo do intestino ao longo do comprimento do TGI, para que ocorra a digestão e absorção.

Propicia ampla **mistura do QUIMO** com os sucos digestivos.

Fisiologia Sistema Digestório

Movimentos Peristálticos



Nota: Deglutição é uma resposta reflexa desencadeada por impulsos aferentes nos nervos trigêmeos, glossofaríngeos e vagos.

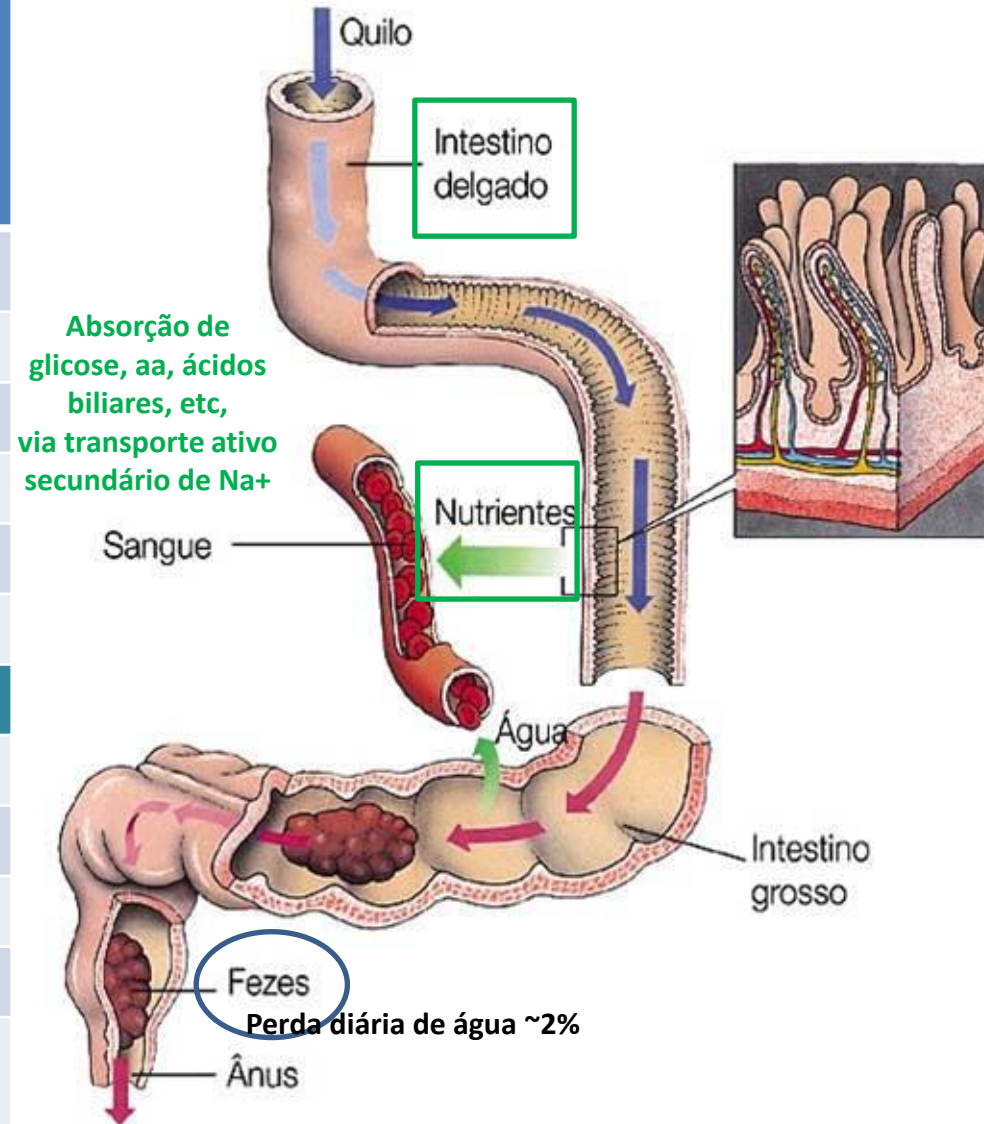
NO= óxido nítrico; VIP= polipeptídeo intestinal vasoativo

- O colo serve como reservatório para os resíduos das refeições. Nada é digerido ou absorvido no colo, sua motilidade é lenta, visando favorecer a absorção de H₂O (ca 90%), Na⁺ e minerais.
- A 1ª parte da refeição atinge o ceco em ca 4h. Todas as porções não digeridas entram no colo em 8 a 9h. Em média os 1º restos de refeição atravessam a primeiro terço do colo em 6h, o segundo terço em 9h e alcançam a parte terminal do colo (sigmoide) em 12h.
- O transporte do colo sigmóide para o ânus é ainda mais lento (70% recuperado nas fezes em 72h).

Fisiologia Sistema Digestório

Circulação diária de água (balanço hídrico em mL) no TGI

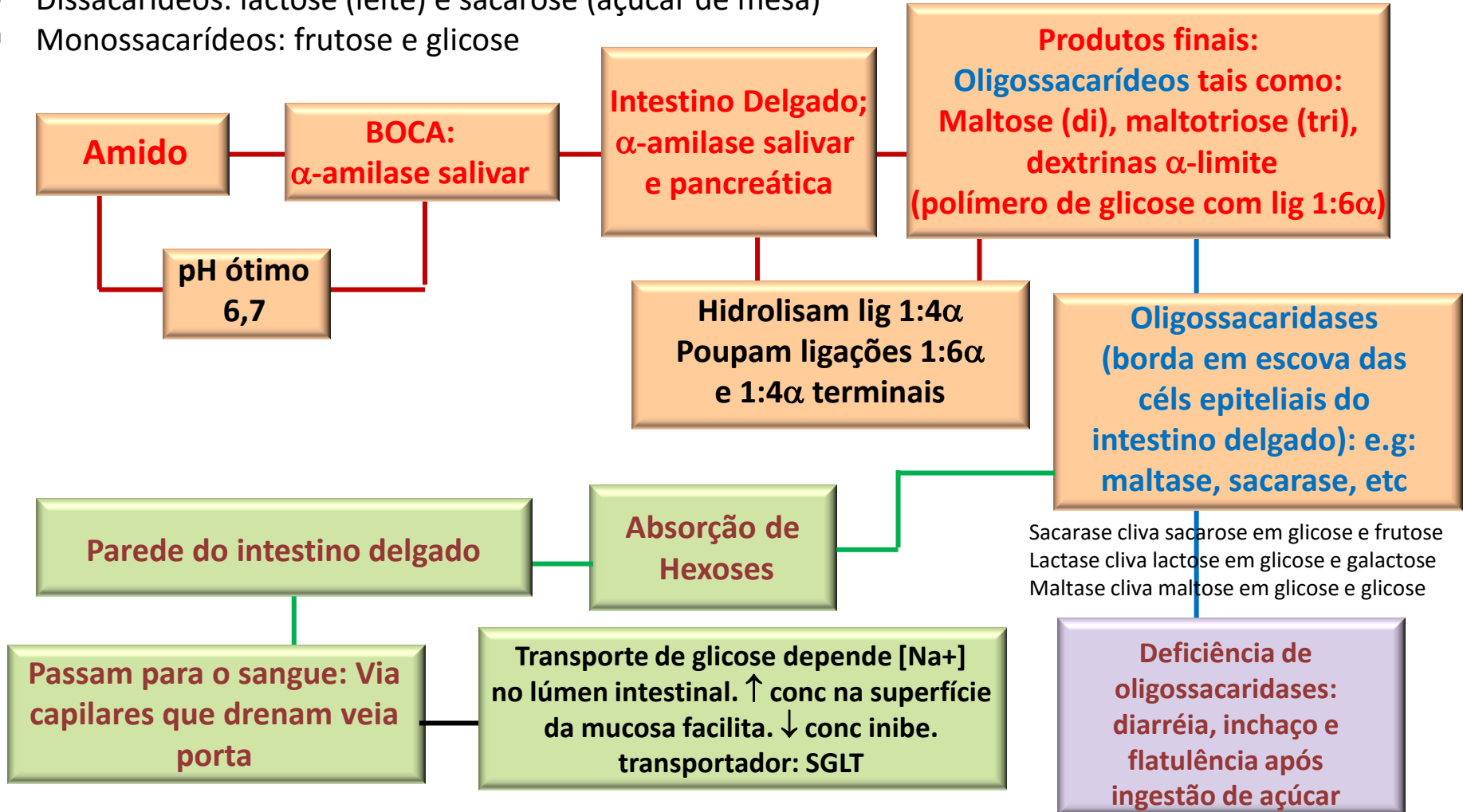
Ingerida		2000
Secreções endógenas		7000
Glândulas salivares	1500	
Estômago	2500	
Bile	500	
Pâncreas	1500	
Intestino	<u>1000</u>	
Infuxo total:	7000 mL	9000 mL
Reabsorvida		
Jejuno	5500	8800
Íleo	2000	
Colo	<u>1300</u>	
	8800	
Balanço nas fezes:		200



Fisiologia Sistema Digestório

Digestão e Absorção de Carboidratos (polissacarídeos, dissacarídeos e monossacarídeos)

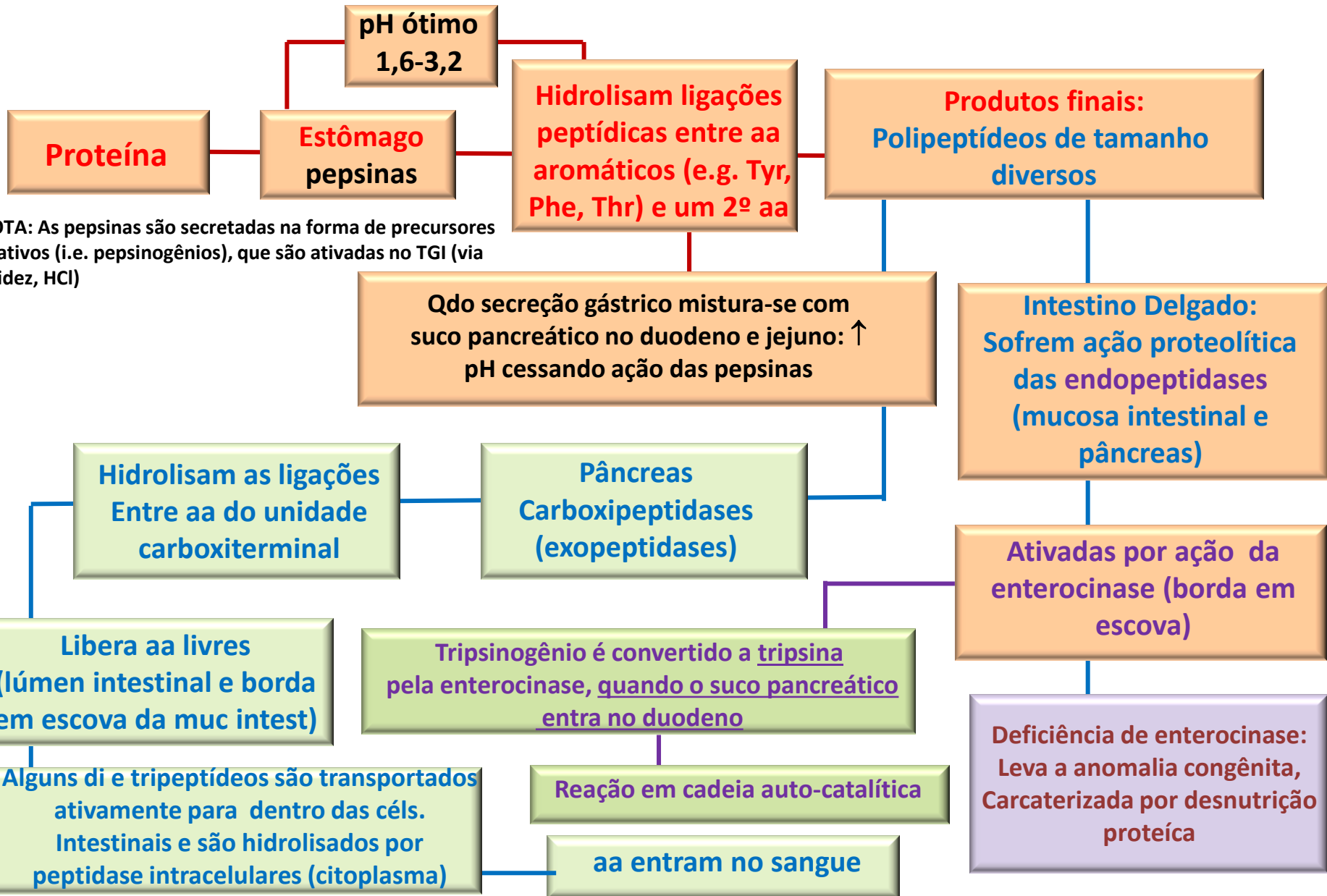
- Os amidos (polímeros de glicose) são os únicos polissacarídeos digeridos em algum grau no TGI. São constituídos 75% de amilopectina (ramificada) e amilose (linear, pontes 1,4 α)
- Dissacarídeos: lactose (leite) e sacarose (açúcar de mesa)
- Monossacarídeos: frutose e glicose



SGLT= transportador de glicose dependente de sódio
GLUT=transportadores de glicose (difusão facilitada)

Fisiologia Sistema Digestório

Digestão e Absorção de Proteínas



NOTA: As pepsinas são secretadas na forma de precursores inativos (i.e. pepsinogênios), que são ativadas no TGI (via Acidez, HCl)

Fisiologia Sistema Digestório

Digestão e Absorção de Proteínas

- Existem pelo menos 7 diferentes sistemas de transporte de aa para dentro dos enterócitos.
- Di- e tripeptídeos usam o transportador PepT1, que demandam H⁺ ao invés de Na⁺.
- Há pouca absorção de peptídeos maiores.
- Nos enterócitos, os aa liberados a partir dos peptídeos por hidrólise intracelular, assim como os aa absorvidos do lúmen intestinal e da borda em escova, são transportados para fora do enterócito ao longo de suas bordas basolaterais por pelo menos 5 sistemas de transporte. Em seguida entram no sangue portal hepático.

Digestão e Absorção de Ácidos Nucleicos

- São clivados em nucleotídeos no Intestino. Via ação de nucleases pancreáticas.
- Os nucleotídeos são hidrolisados em nucleosídeos e ácido fosfórico (enzimas desconhecidas, porém presentes nas superfícies luminal das células da mucosa).
- Os nucleosídeos são quebrados em seus açúcares componentes e em base purina e pirimidina, as quais são absorvidas por transporte ativo (presentes membrana apical de enterócitos)

Fisiologia Sistema Digestório

Digestão e Absorção de Lipídeos

LIPÍDEOS

BOCA & ESTÔMAGO:
Lipase

Pouco significado quantitativo, exceção de pacientes com insuficiência pancreática. Mas podem gerar ác. graxos livres: que sinalizam para liberação de CCK

DUODENO:
Lipase pancreática

Produtos finais:
Ácidos graxos livres & 2-mono-Glicerídeos. Hidrolisa ligações 1 e 3 de triglicerídeos. Atua em lipídeos Previamente emulsificados

Colipase (secretada no suco pancreático e ativada no lúmen intestinal por tripsina):
facilita ação da lipase

Lipídeos e sais biliares interagem espontaneamente formando micelas, facilitam sua solubilização e absorção.

Concentração de Sais biliares é alta no intestino após contração Vesícula biliar

As micelas movem-se em direção a seu gradiente de concentração através da camada não agitada à borda em escova das cels. epiteliais intestinais.

Os lipídeos difundem-se para fora das micelas entrando nos Enterócitos. Não ocorre por difusão Passiva e sim por transportadores

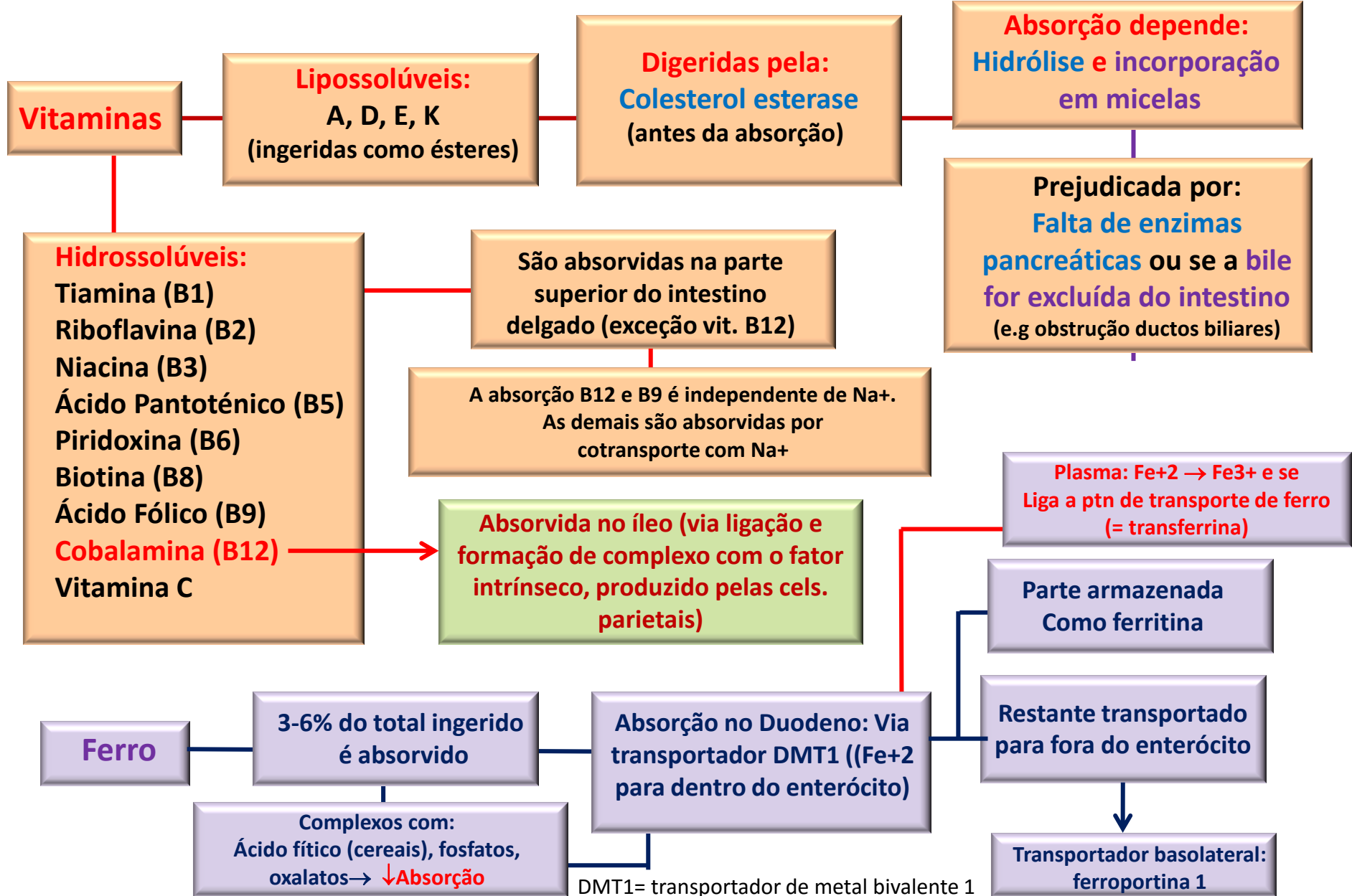
Colesterol esterase (e.g. lipase pancreática ativada por sais biliares):
facilita ação da lipase

Hidrólise de ésteres de colesterol, fosfolipídeos, triglicerídeos, ésteres de vitaminas liposolúveis

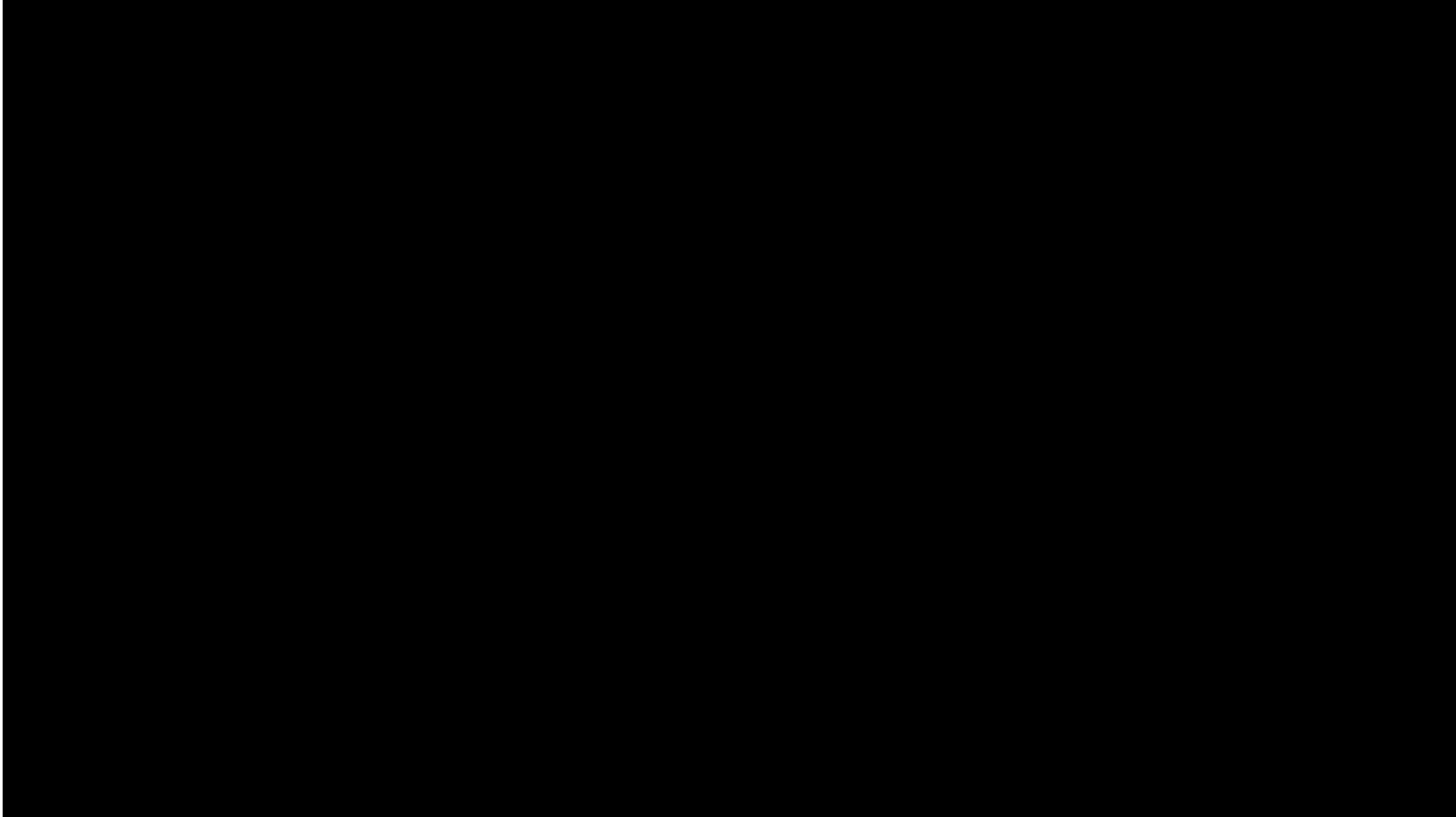
Nota: os lipídeos são coletados nas micelas, com colesterol no centro hidrofóbico, sendo os fosfolipídeos anfipáticos e monoglicerídeos alinhados com suas cabeças hidrofílicas na periferia e suas caudas hidrofóbicas no centro.

Fisiologia Sistema Digestório

Absorção de Vitaminas e Minerais



Sistema Digestório



Fonte: <https://youtu.be/tf-wvS9g4PI>

Autor: Lisboa Miranda