



Disciplina de Fisiologia Veterinária

ABSORÇÃO

Prof. Fabio Otero Ascoli

INTRODUÇÃO

Absorção = processo de transporte das moléculas simples através do epitélio intestinal

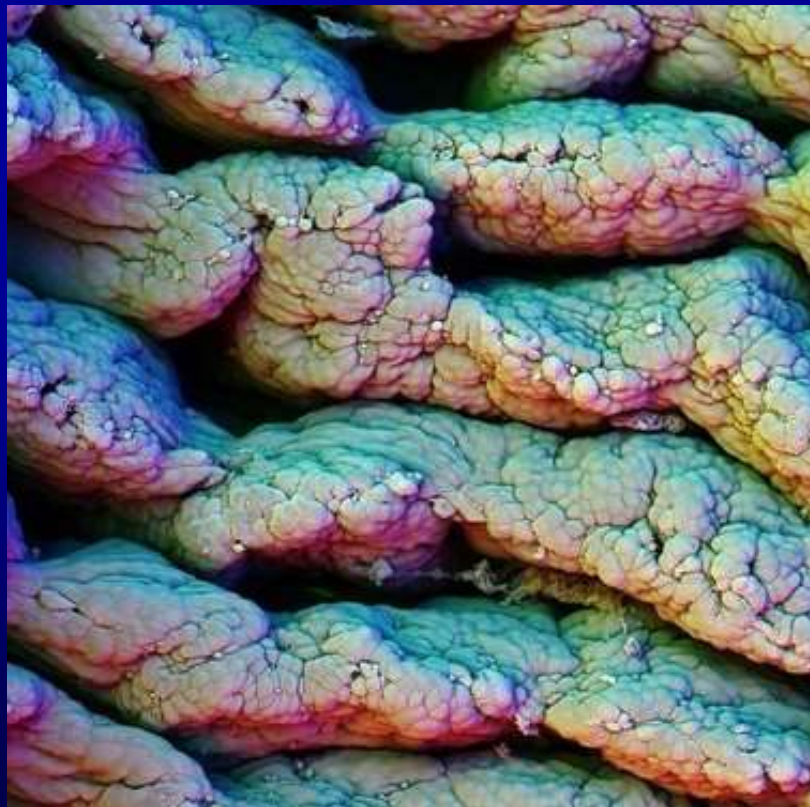
Distúrbios podem ocorrer na digestão ou na absorção

Mucosa do intestino delgado - grande área de superfície e células epiteliais com junções permeáveis

SUPERFÍCIE INTESTINAL

Existem três características que aumentam a superfície intestinal:

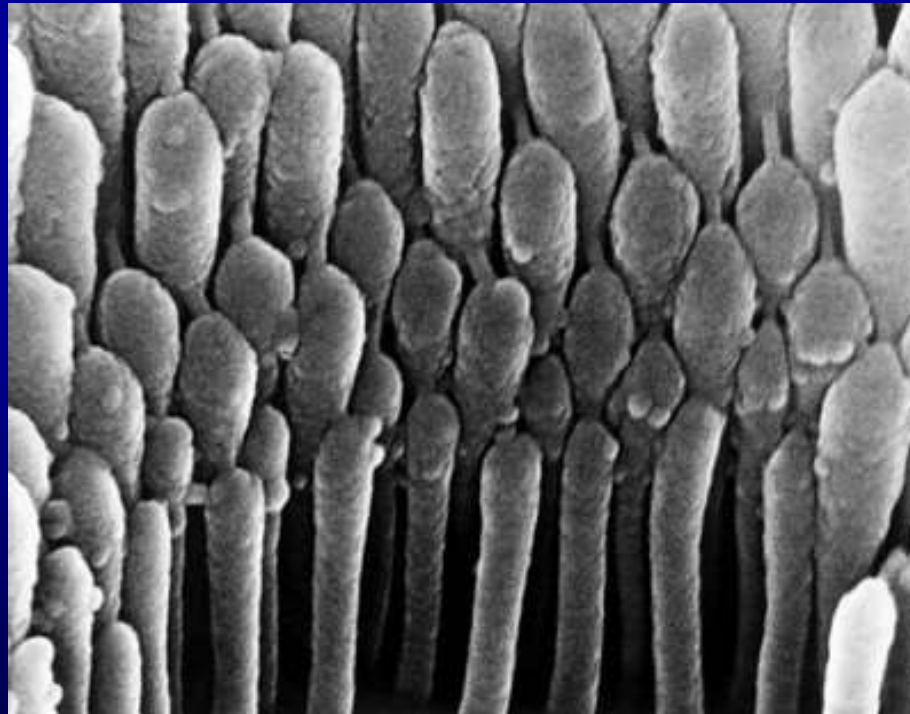
1. Presença de grandes dobras da mucosa, conhecidas como pregas circulares



SUPERFÍCIE INTESTINAL

Existem três características que aumentam a superfície intestinal:

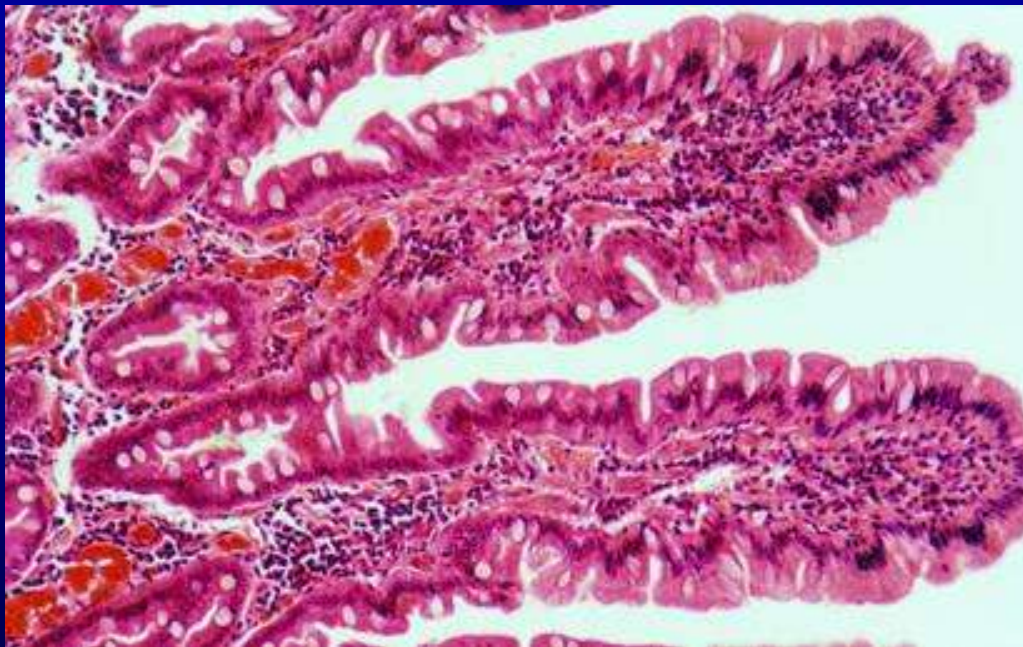
2. Projeções epiteliais semelhantes a dedos de luva, conhecidas como vilos



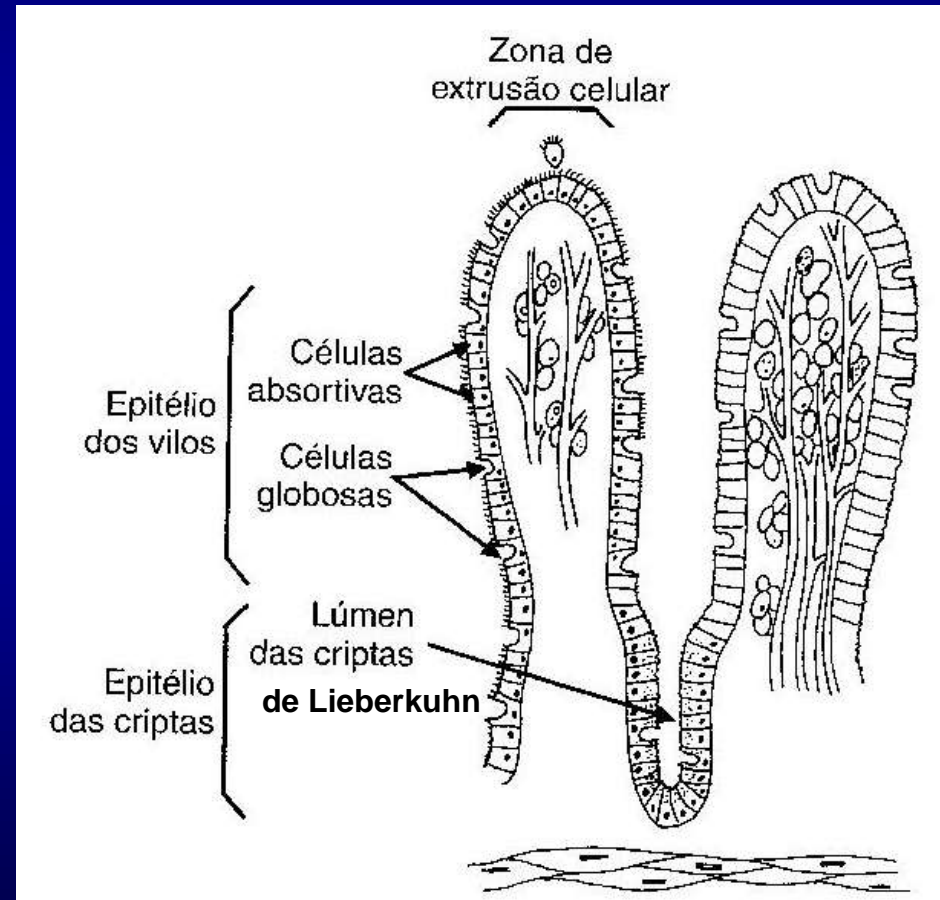
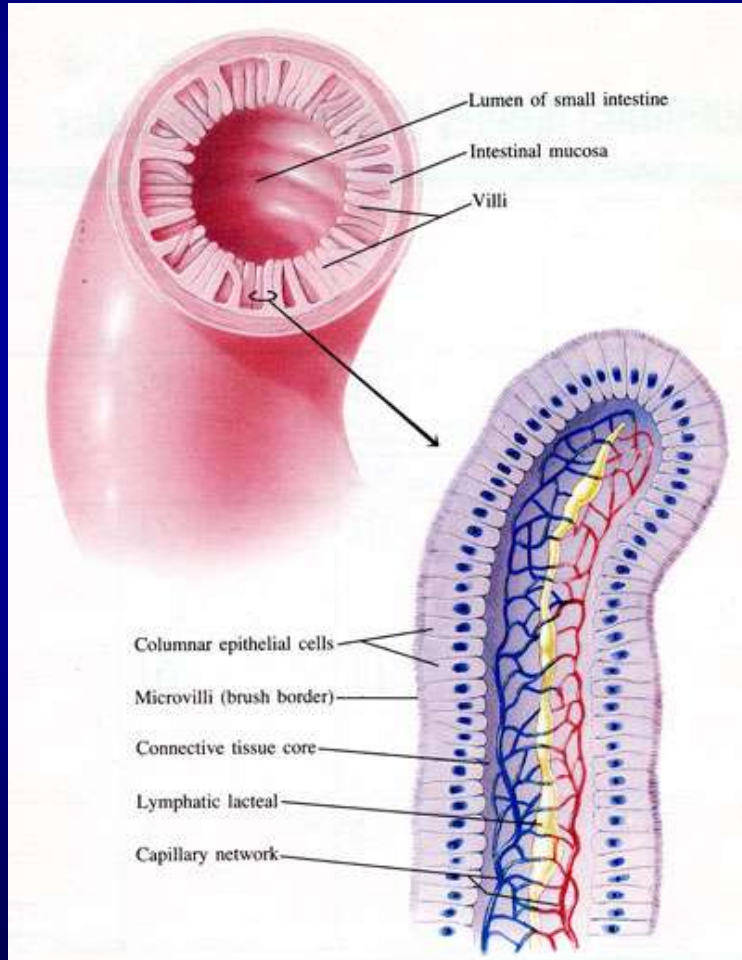
SUPERFÍCIE INTESTINAL

Existem três características que aumentam a superfície intestinal:

3. Vilos são cobertos com uma superfície de membrana semelhante a uma escova, conhecida como borda em escova



VILOS



ENTERÓCITO

- ✓ São células epiteliais que cobrem os vilos e as criptas

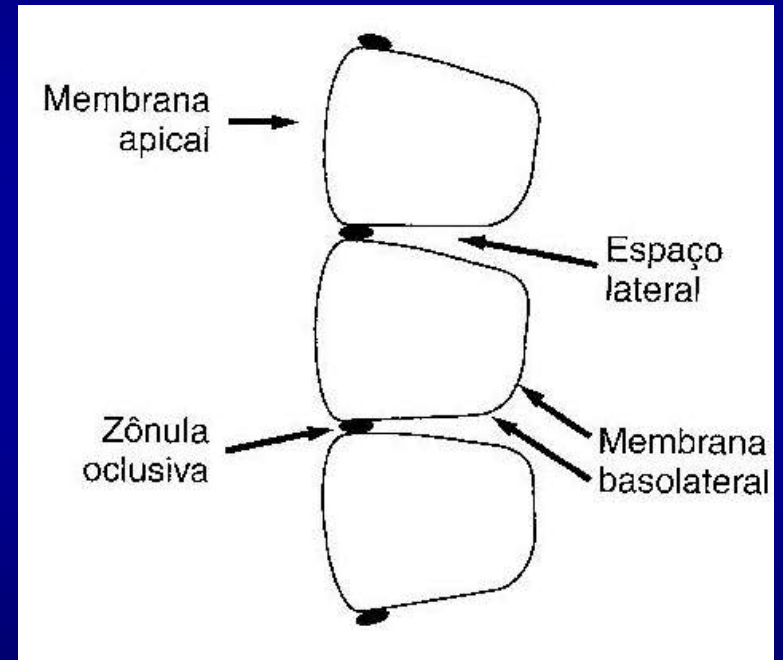
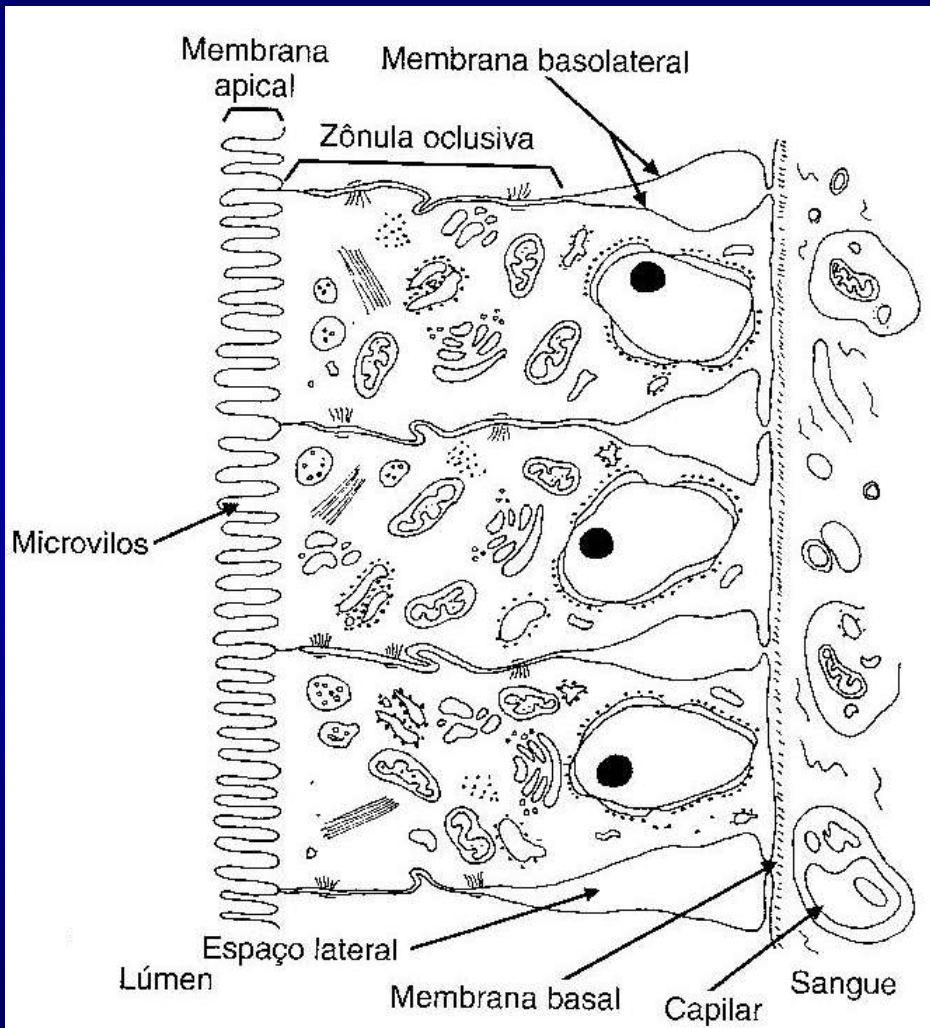
- ✓ Cada enterócito possui dois tipos diferentes de membranas celulares: e basolateral (refere-se a base e aos lados das células)
 1. Membrana apical – superfície da célula que faz contato com o lúmen, coberta por uma camada gelatinosa de glicoproteína (glicocálice) e com alto conteúdo proteico

 2. Membrana basolateral – refere-se à base e aos lados das células, e é semelhante a outras membranas celulares

ENTERÓCITO

- ✓ Ligações entre os enterócitos adjacentes são denominadas zônulas de oclusão
- ✓ Essas conexões localizam-se próxima a terminação apical das células e divide a membrana apical da basolateral
- ✓ Permite a passagem de água e eletrólitos em algumas regiões, nunca permite a passagem de moléculas grandes
- ✓ Permeabilidade das zônulas oclusivas pode ser alterada por substâncias reguladoras neuro-humorais
- ✓ Espaços laterais normalmente distendidos e cheios de líquido extracelular
- ✓ Tanto as zônulas oclusivas como o endotélio capilar são barreiras permeáveis

ENTERÓCITO



MICROAMBIENTE DA SUPERFÍCIE INTESTINAL

- ✓ Rica camada de muco secretada pelas células globosas
- ✓ Glicocálice
- ✓ Camada estável de água – próxima à superfície intestinal



Formam uma barreira de difusão, que os nutrientes precisam passar para entrar nos enterócitos

DIGESTÃO

- ✓ Quebra física e química das partículas e moléculas em subunidades apropriadas para absorção
- ✓ Quebra física permite aumentar a área de superfície em contato com as enzimas digestivas
- ✓ Redução física = mastigação e trituração do estômago distal
- ✓ Redução química = pepsina e ácido clorídrico

DIGESTÃO QUÍMICA

✓ Principalmente realizada por hidrólise, o rompimento da ligação química pela inserção de água (enzimas)

Exemplos:

- ✓ Ligações glicosídicas dos carboidratos
- ✓ Ligações peptídicas das proteínas
- ✓ Ligações éster nas gorduras
- ✓ Ligações fosfodiéster nos ácidos nucleicos

DIGESTÃO QUÍMICA

Existem duas classes de enzimas digestivas:

1. Aquelas que atuam no lúmen do TGI – enzimas das glândulas salivares, gástrica e pancreática (fase luminal)

Nutrientes  **Polímeros de cadeia curta**

2. Aquelas que atuam na superfície da membrana do epitélio (fase membranosa)

Polímeros de cadeia curta  **Monômeros**

Obs: Monômeros podem ser absorvidos pelo epitélio

DIGESTÃO DE CARBOIDRATOS

- ✓ Carboidratos são nutrientes que contêm átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio

- ✓ Originam principalmente das plantas e possuem três tipos gerais:
 1. Fibras – não sofrem digestão enzimática
 2. Açúcares – são moléculas de transporte de energia das plantas, podem ser simples (monossacarídeos) ou complexos (polissacarídeos)
 3. Amidos – é um carboidrato de estoque de energia das plantas e forma o principal nutriente energético da dieta de onívoros

DIGESTÃO DE CARBOIDRATOS

Acúcares:

- ✓ Glicose, galactose e frutose são os açúcares simples mais importantes da dieta dos animais
- ✓ Açúcares complexos importantes: lactose, sacarose, maltose, isomaltose e maltotriose

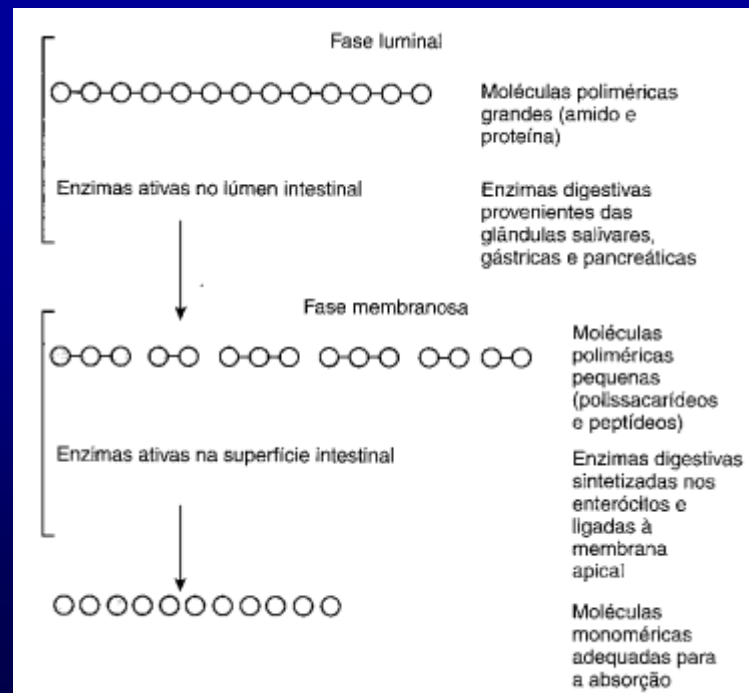
Amido:

- ✓ Amilose e amilopectina são polímeros de glicose de cadeia longa
(Trigo, milho e cevada)
- ✓ α -amilase – pâncreas e glândulas salivares de alguns animais

DIGESTÃO DE PROTEÍNAS

Proteínas:

- ✓ Fonte essencial de aminoácidos
- ✓ Origem animal e vegetal
- ✓ Padrão da digestão:
(Semelhante aos carboidratos)

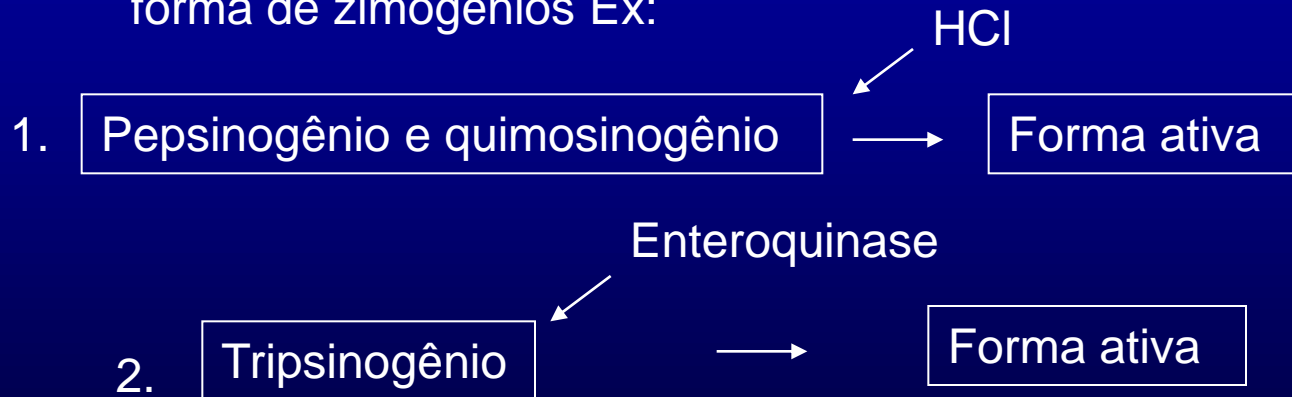


DIGESTÃO DE PROTEÍNAS



Proteínas:

- ✓ Principal diferença para a digestão de carboidratos é o maior número de enzimas envolvidas
- ✓ Enzimas proteolíticas da fase luminal são as endopeptidases e exopeptidases
- ✓ Enzimas proteolíticas são secretadas pelo estômago e pâncreas na forma de zimogênios Ex:



DIGESTÃO DE PROTEÍNAS



Proteínas:

- ✓ Fase luminal inicia no estômago – HCl e enzimas estomacais

Maioria dos tecidos conjuntivos de origem animal é constituído de proteína



Hidrólise gástrica importante na digestão das proteínas



Partículas pequenas passam para o duodeno

ENZIMAS DA FASE MEMBRANOSA

- ✓ Sintetizadas dentro dos enterócitos
- ✓ Ligadas a membrana de superfície do intestino
- ✓ Projetam da membrana apical para a camada de superfície
- ✓ Camada estável de água é o local que ocorre esta fase
- ✓ Substrato precisa entrar em contato com o epitélio
- ✓ Produtos destas enzimas são absorvidos e nunca voltam para o lúmen
- ✓ Carboidratos – maltase, isomaltase, sacarase e lactase
- ✓ Proteínas – peptidases

ABSORÇÃO INTESTINAL

Definição: Movimento dos produtos da digestão através da mucosa intestinal

Os íons carregados e a maioria das moléculas de nutrientes não penetram livremente no epitélio GI

Mecanismos de transporte especializados:

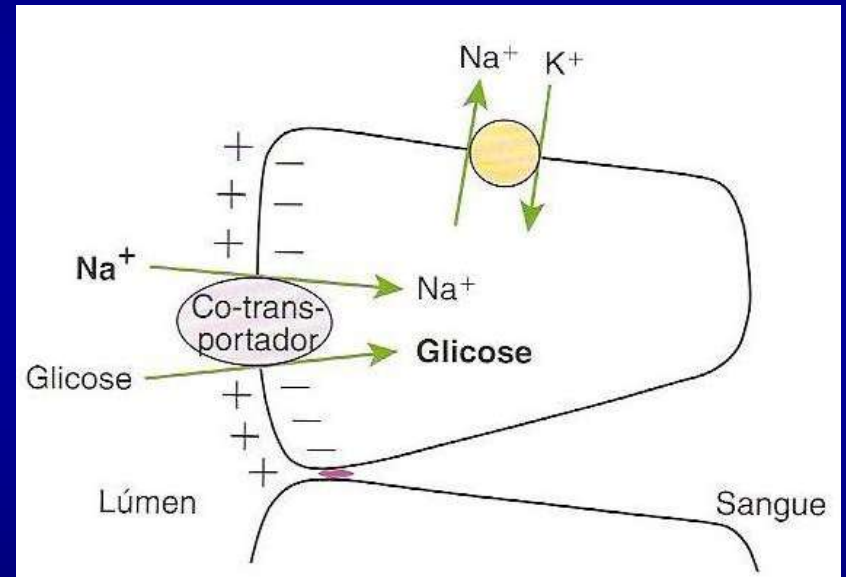
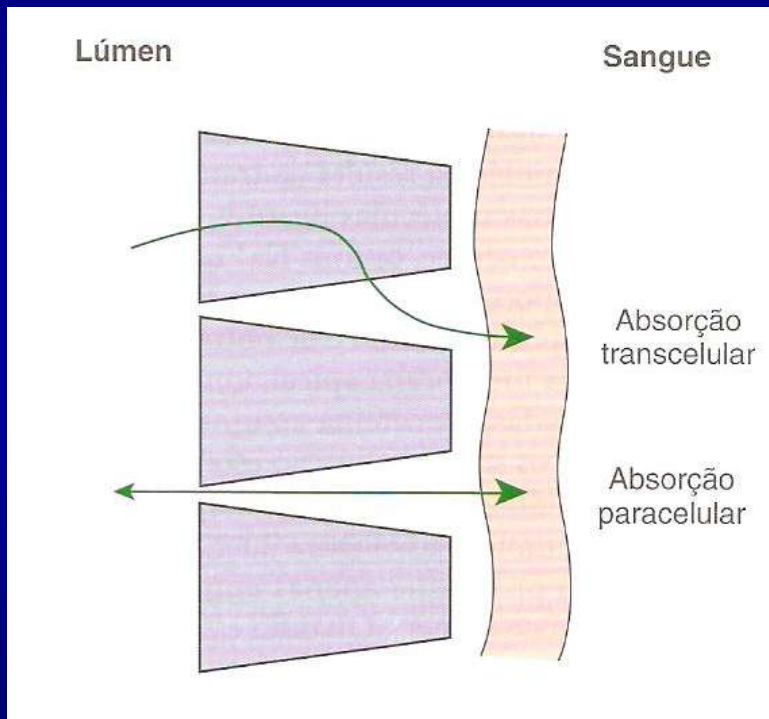
1. Transporte ativo / Ex: Na^+, K^+ -ATPase – intestino delgado e grosso
2. Transporte ativo secundário / Ex: Co-transporte (Na^+ / glicose) e antiporte (Na^+/H^+)
3. Transporte ativo terciário / Ex: Trocador $\text{Cl}^- / \text{HCO}_3^-$
4. Transporte passivo / Ex: Canais de íons e zônulas oclusivas

Absorção Paracelular

X

Absorção Transcelular

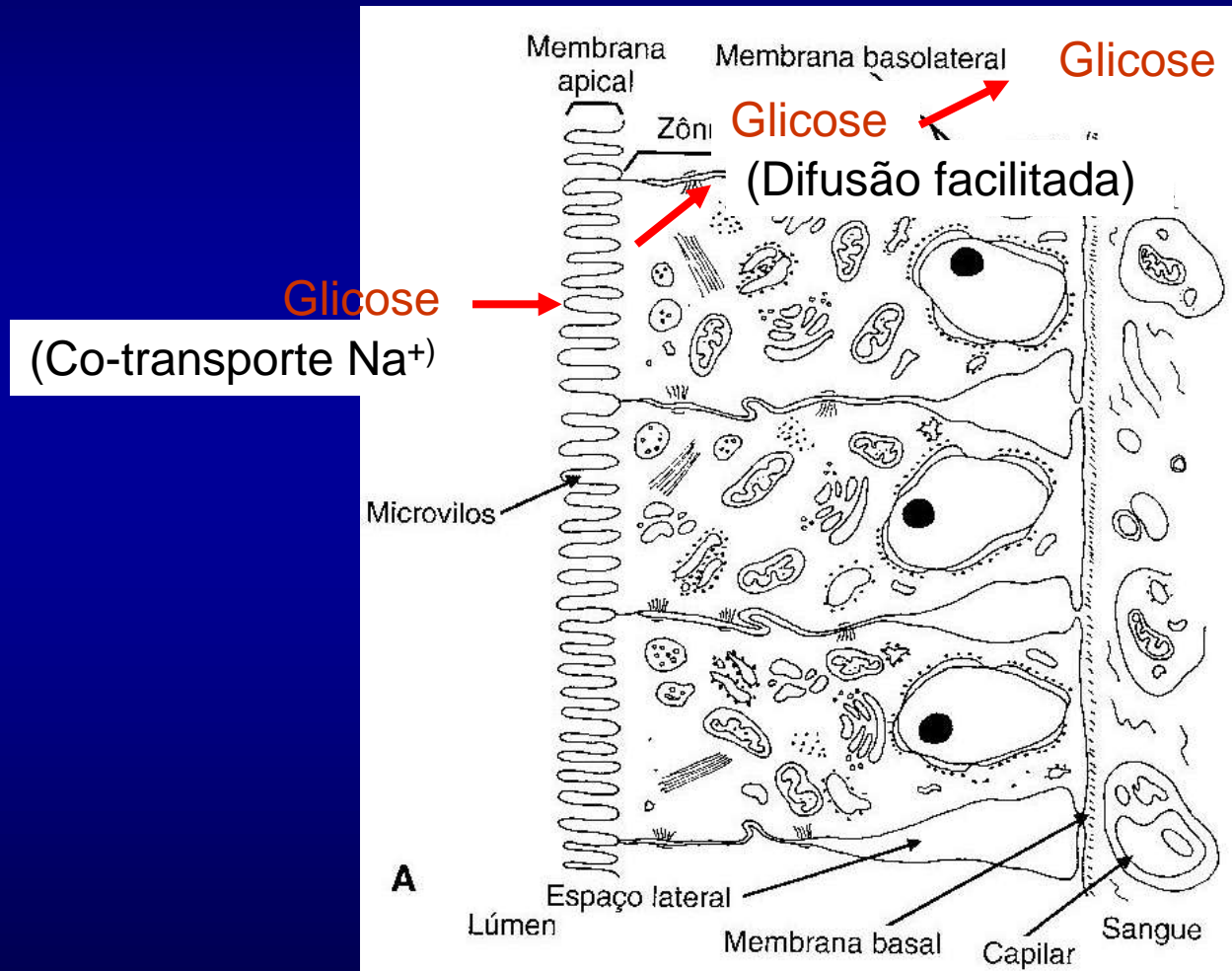
MECANISMOS DE TRANSPORTE



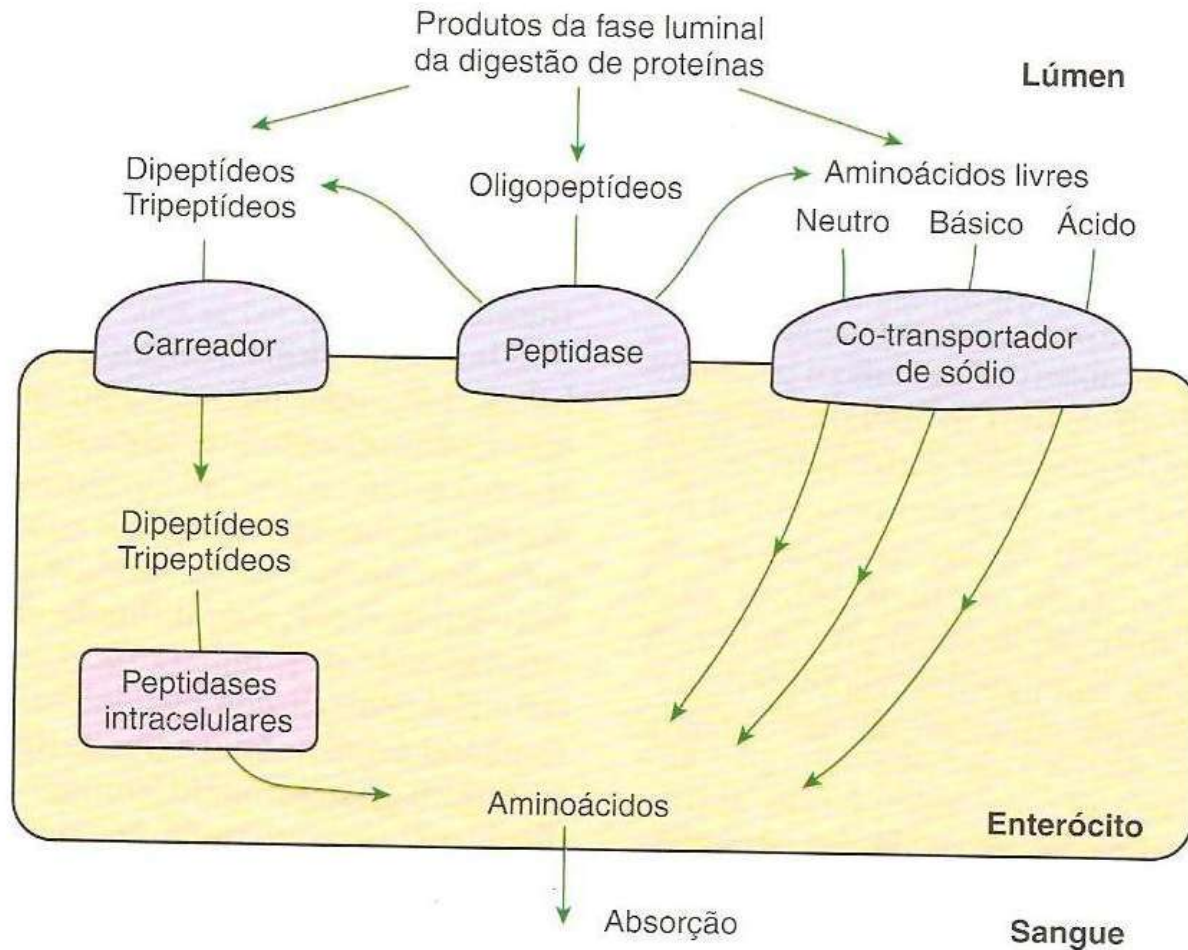
ABSORÇÃO DOS PRODUTOS DA FASE MEMBRANOSA

- ✓ Monossacarídeos e aminoácidos são transportados para o interior do enterócito por co-transportador de sódio
- ✓ Processo de transporte da glicose é muito eficiente
- ✓ Movimento da glicose através da membrana basolateral ocorre por difusão facilitada
- ✓ Absorção de aas e dipeptídeos e tripeptídeos ocorre de modo semelhante

MECANISMO DE TRANSPORTE DA GLICOSE NO ENTERÓCITO



CO-TRANSPORTE DE SÓDIO PARA AMINOÁCIDOS

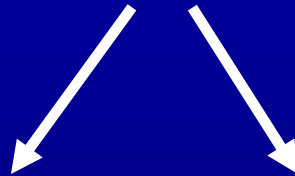


ABSORÇÃO DE ÁGUA E ELETRÓLITOS

Conservação de água e eletrólitos (sódio, potássio, cloro e bicarbonato)



Importante na manutenção da homeostase do organismo



Ingestão

Conservação

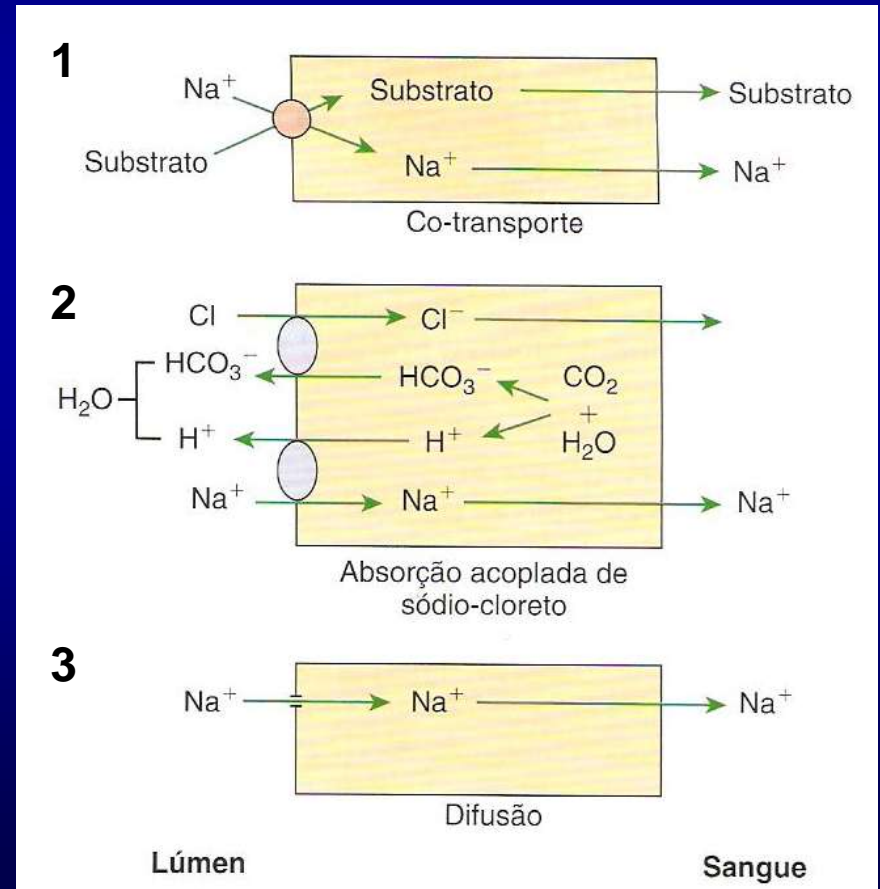
ABSORÇÃO DE SÓDIO

Apresenta três mecanismos:

1. Proteínas de co-transporte de sódio

2. Trocador Na^+ / H^+

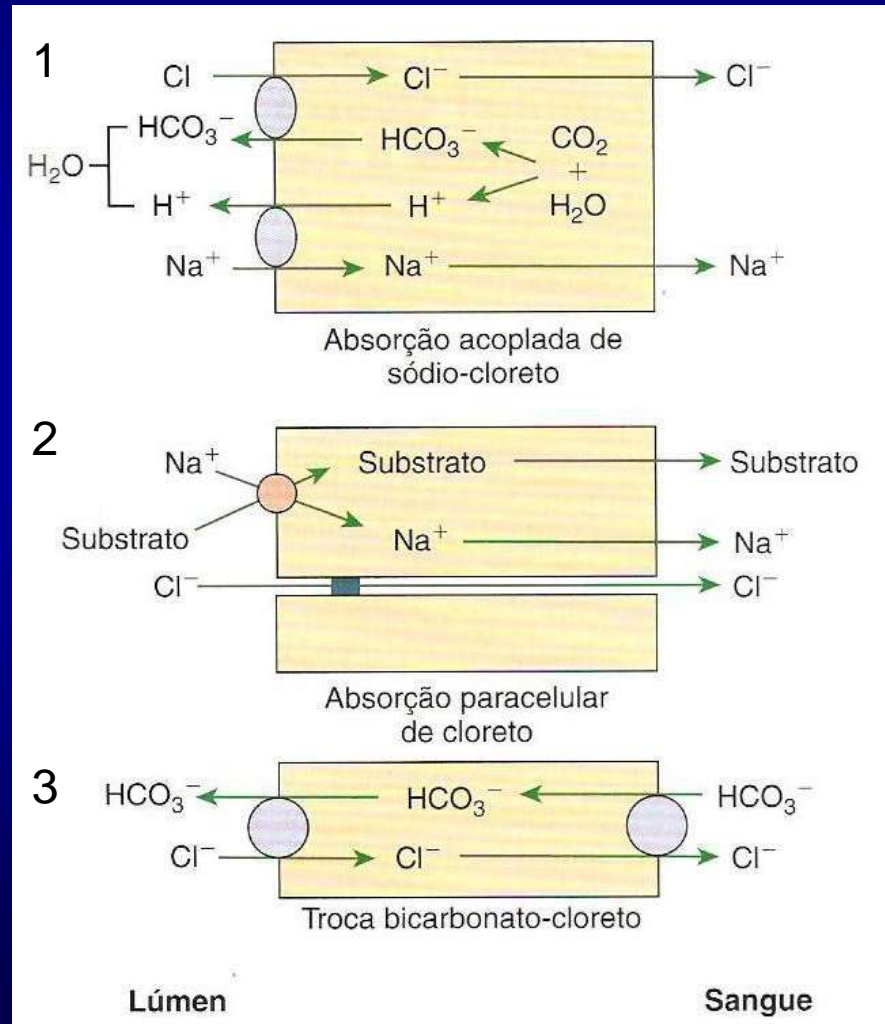
3. Difusão simples



ABSORÇÃO DE CLORETO

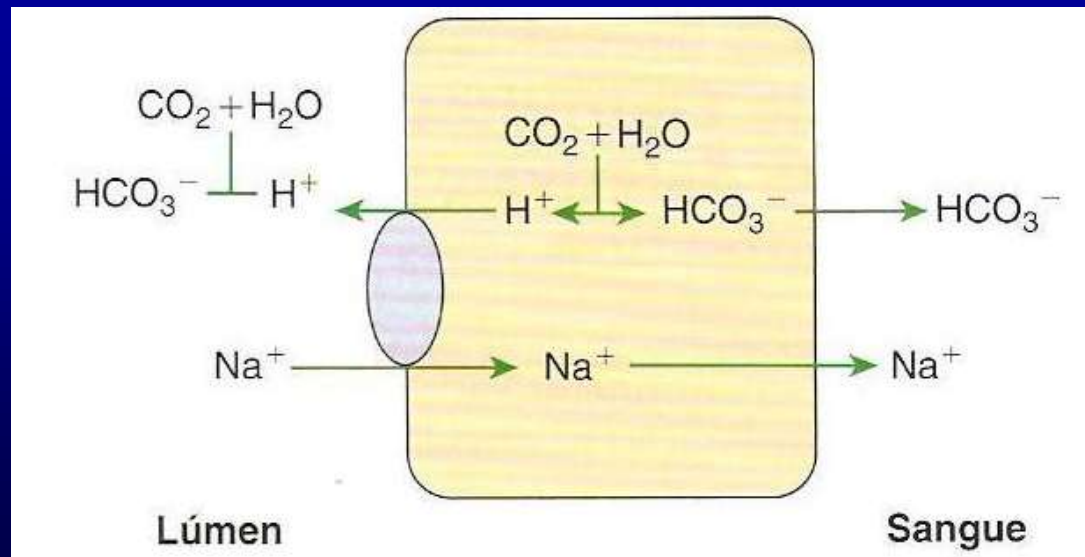
Existem três mecanismos:

1. Absorção acoplada de sódio-cloreto
2. Absorção paracelular de cloreto
3. Troca bicarbonato-cloreto



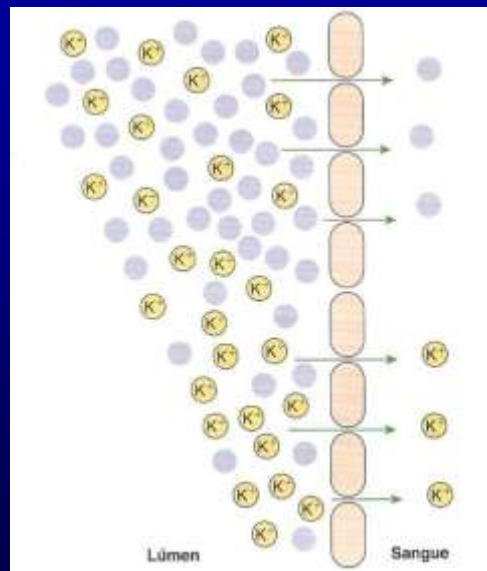
ABSORÇÃO DE BICARBONATO

- ✓ Bicarbonato secretado por diversas glândulas precisa ser recuperado
- ✓ Absorvido pela neutralização do HCl do estômago
- ✓ Bicarbonato que permanece no intestino é absorvido no íleo e cólon
- ✓ Os ânions de bicarbonato são eletricamente equilibrados, principalmente com cátions de sódio (bicarbonato de sódio)



ABSORÇÃO DE POTÁSSIO

- ✓ Potássio está em grande quantidade na dieta da maioria dos animais
- ✓ Concentração do potássio aumenta conforme segue a digestão
- ✓ Difusão passiva paracelular – resposta ao gradiente de concentração
- ✓ Absorção de potássio está diretamente ligada à absorção de água



DISTRIBUIÇÃO DOS MECANISMOS DE ABSORÇÃO DE ELETRÓLITOS PELO INTESTINO

Mecanismo	Duodeno	Jejuno			Íleo	Cólon
		Anterior	Médio	Posterior		
Co-transporte de sódio	+++++	++++	+	+	-	-
Absorção de sódio acoplada ao cloreto	+	+	+	+	++	+++
Troca cloreto-bicarbonato	-	-	-	-	++	+++
Absorção de bicarbonato	-	-	-	-	++	+++
Absorção de potássio	-	-	-	-	+	+++

ABSORÇÃO DE ÁGUA

- ✓ Via paracelular e transcelular (sempre por osmose)
- ✓ Mucosa intestinal livremente permeável a água

Eletrólitos e nutrientes solúveis absorvidos

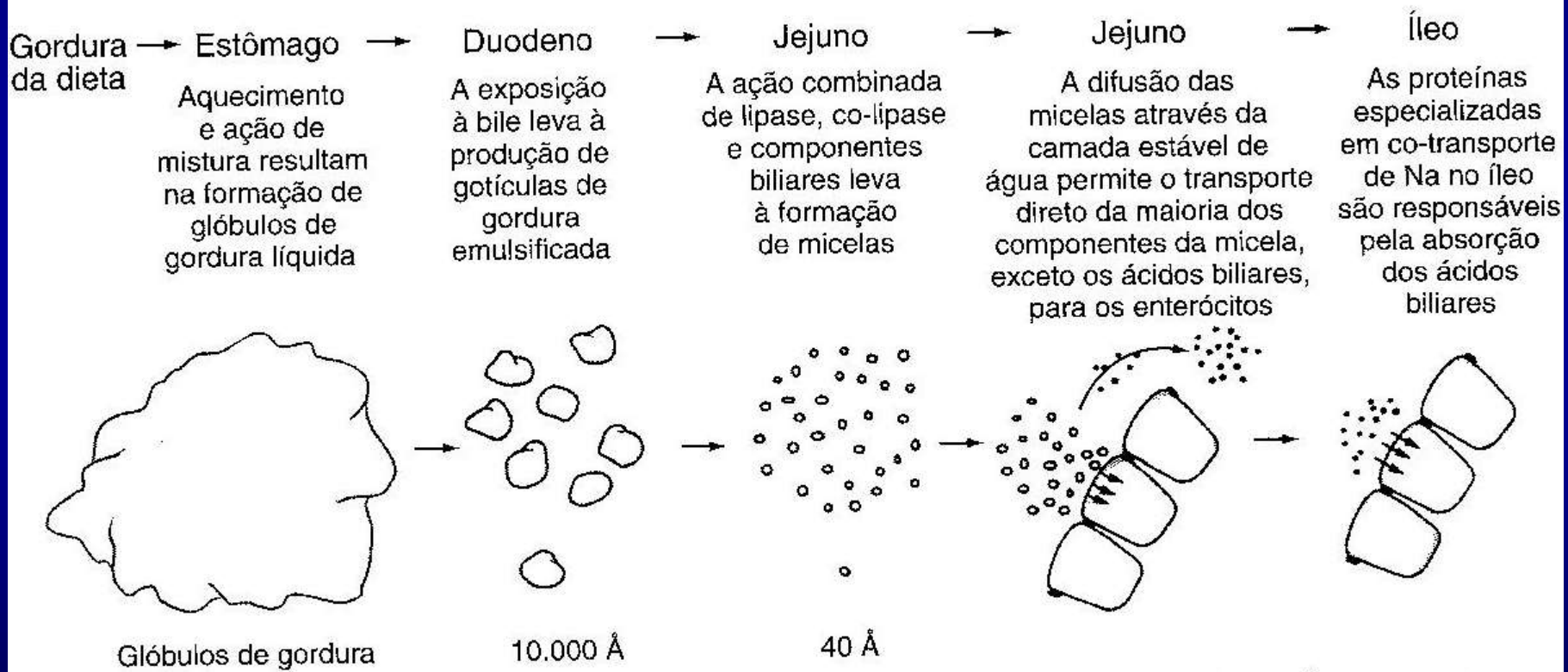


Água drenada passivamente do lúmen para os capilares intestinais

DISGESTÃO E ABSORÇÃO DE GORDURAS

- ✓ Constituem grande parte da dieta dos carnívoros e onívoros
- ✓ Neonato de mamíferos possui alta capacidade de digerir e absorver lipídeos
- ✓ Principais lipídeos da dieta são: **triglicerídeo**, colesterol, colesteril éster e fosfolipídeos
- ✓ Lipídeos não se dissolvem em água
- ✓ Etapas da assimilação: emulsificação, hidrólise, formação de micelas e absorção
- ✓ Enzimas: lipase, co-lipase, colesterol esterase e fosfolipase
- ✓ Os produtos altamente hidrofóbicos da digestão dos lipídeos são solúveis na matriz fosfolipídica da membrana
- ✓ Quilomícrons

DISGESTÃO E ABSORÇÃO DE GORDURAS



SECREÇÃO DE ÁGUA E ELETRÓLITOS

- ✓ Uma considerável quantidade de água e eletrólitos são secretados pela superfície luminal
- ✓ Função de manter uma hidratação apropriada e um ambiente iônico para a digestão e absorção. Realizado por dois processos:
- ✓ Processo passivo – Ex: Alimento hiperosmótico (Alimentos salgados ou alto conteúdo de açúcar)

Amido

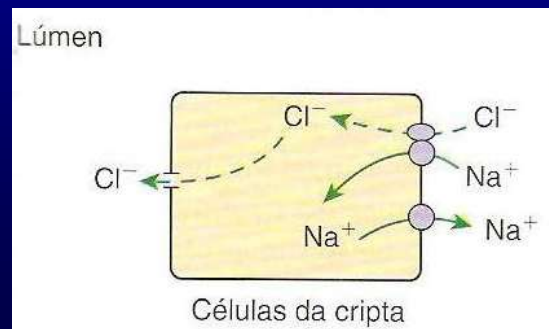


Dissacarídeos + trissacarídeos



Drena água para o lúmen

- ✓ Processo ativo – Células da cripta – co-transporte de Na^+ / Cl^-



FLUXO SANGUÍNEO GI

Visão Macro “Circulação Esplâncnica”:

- ✓ Fluxo sanguíneo que passa pelo intestino baço, pâncreas e fígado (veia porta)
- ✓ No fígado, o sangue passa através de milhões de diminutos sinusóides hepáticos (sai via veia hepáticas – veia cava)
- ✓ Células reticuloendoteliais são responsáveis pela remoção de bactéria e outras partículas que poderiam entrar na circulação sanguínea do TGI

FLUXO SANGUÍNEO GI

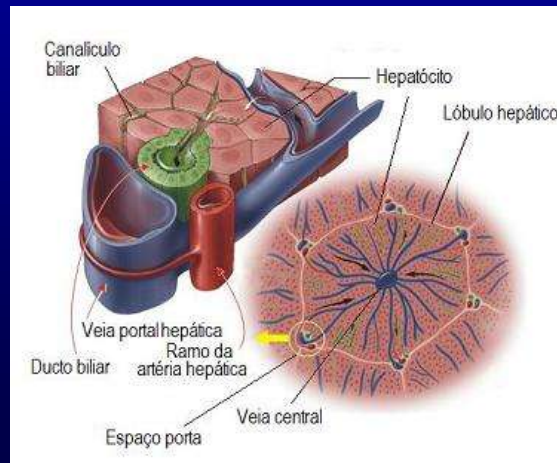
Visão Macro “Circulação Esplâncnica”:

- ✓ Os nutrientes não-lipídicos e hidrossolúveis absorvidos no intestino (como carboidratos e proteínas) são transportados no sangue venoso da veia porta para os mesmos sinusóides hepáticos
- ✓ As células hepáticas, absorvem e armazenam temporariamente de metade a três quartos dos nutrientes
- ✓ Grande parte do processamento químico intermediário desses nutrientes ocorre nas células hepáticas
- ✓ Quase todas as gorduras absorvidas no TGI não são transportadas no sangue portal, mas sim pelo sistema linfático intestinal, que transporta para circulação sistêmica, através do ducto torácico, sem passar pelo fígado

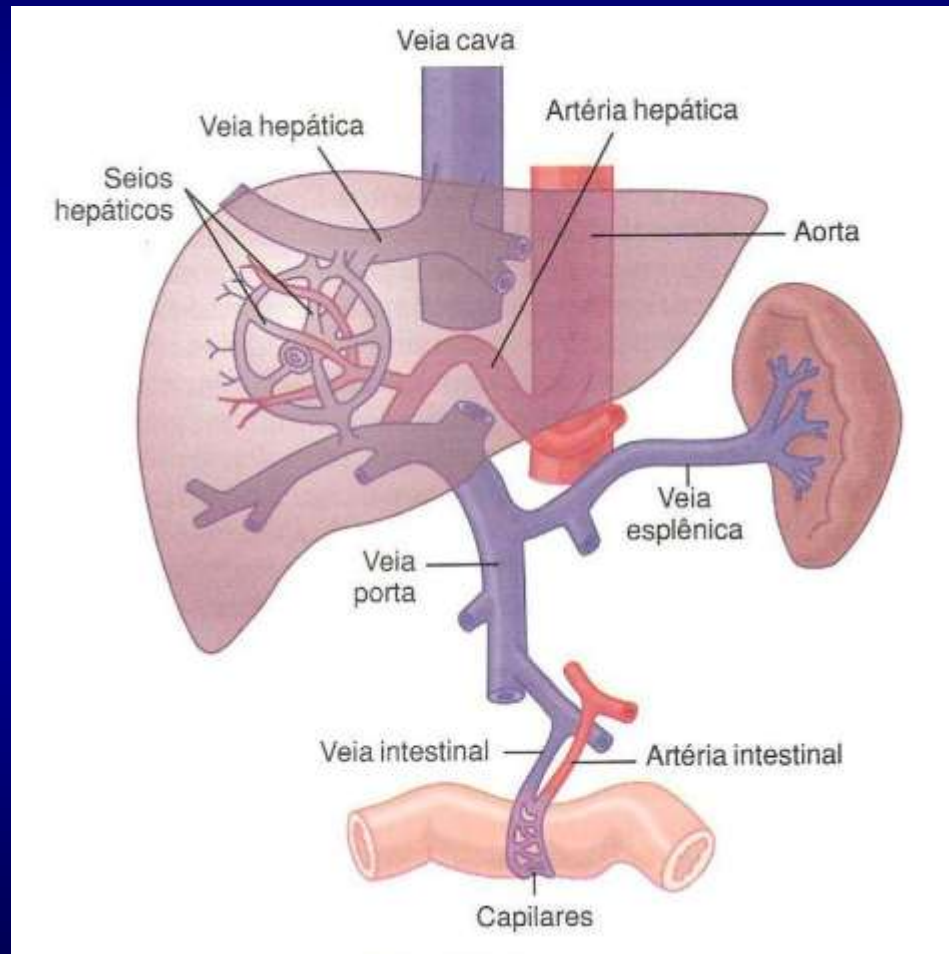
FLUXO SANGUÍNEO GI

No fígado a pressão hidrostática arterial foi dissipado durante o fluxo de sangue pelos capilares intestinais, logo dois mecanismos compensam isto:

1. Os capilares do fígado (sinusóides) são grandes e oferecem pouca resistência ao fluxo, funcionando como sistema de baixa pressão
2. O Fluxo venoso drenado no fígado cai diretamente para a veia cava torácica



CIRCULAÇÃO ESPLÂNCNICA



FLUXO SANGUÍNEO GI

Visão Micro:

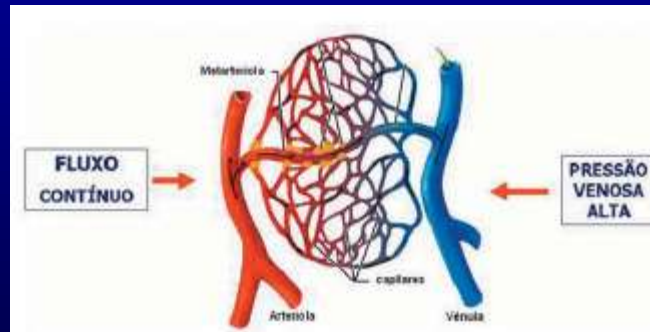
- ✓ Na parede do intestino, as artérias se ramificam e as artérias menores percorrem em ambas as direções o perímetro do intestino
- ✓ Destas artérias perimetrais, artérias ainda menores penetram na parede intestinal, espalhando pelos feixes musculares, vilosidades intestinais e submucosa
- ✓ Paredes das arteríolas são altamente musculosas e muito ativas no controle do fluxo sanguíneo para o vilo
- ✓ Sob condições normais, o fluxo sanguíneo em cada área do TGI, está diretamente relacionado ao nível de atividade local

FLUXO SANGUÍNEO GI

Visão Micro:

✓ Sob condições normais, o fluxo sanguíneo em cada área do TGI, está diretamente relacionado ao nível de atividade local

✓ Durante a absorção ativa dos nutrientes, o fluxo sanguíneo nas vilosidades e nas regiões adjacentes da submucosa aumenta cerca de oito vezes

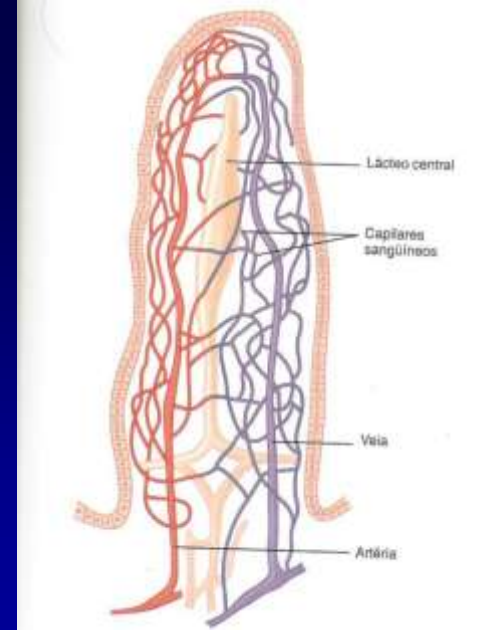


FLUXO SANGUÍNEO GI

Causadores do aumento do fluxo sanguíneo do TGI:

1. Hormônios peptídicos - colecistocinina, peptídeo vasoativo intestinal, gastrina e secretina
2. Cininas - calidina e bradicinina
3. Redução na concentração de oxigênio - pode aumentar o fluxo em 50 a 100%

FLUXO SANGUÍNEO GI



Fluxo sanguíneo de contracorrente nas vilosidades :

- ✓ O fluxo arterial no vilo corre paralelo e em direções opostas ao fluxo venoso
- ✓ Grande parte do oxigênio sanguíneo se difunde das arteríolas diretamente para as vênulas adjacentes, sem passar pelas extremidades dos vilos
- ✓ Sob condições normais, esse desvio não é prejudicial

Ex: Choque circulatório



Até a próxima aula!