

Dipartimento di
BIOSCIENZE
E TECNOLOGIE AGRO-ALIMENTARI
E AMBIENTALI

UNITE

**FISIOLOGIA DIGESTIVA
MONOGASTRICI**




PROF.SSA PIA LUCIDI
RICEVIMENTO: plucidi@unite.it

1

FUNZIONI DELL'APPARATO DIGERENTE

- Introdurre acqua, elettroliti e nutrienti all'interno del corpo
- Triturare il cibo (bocca, stomaco), fornendo una superficie maggiore a disposizione degli enzimi
- Fornire liquidi che permettono l'esposizione del cibo introdotto ai succhi
- Recuperare i liquidi che aveva spostato nel comparto esterno
- Eliminare definitivamente le scorie perdendo la minima quantità di acqua (calore)



Presenza di ghiandole connesse attraverso dotti
Presenza di sfinteri volontari e involontari

Grandjean et al 2008

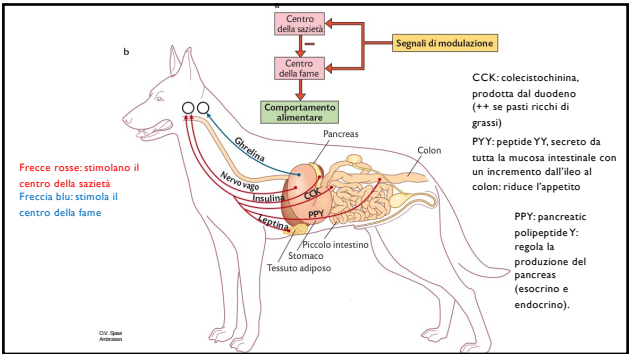
2

COMPORAMENTO ALIMENTARE DEI CARNIVORI



- Sono predatori
- Si nutrono di muscolo, organi interni, sangue, grasso
- Tra un pasto e l'altro può trascorrere diverso tempo
- Dieta particolarmente energetica che richiede un tratto GE breve
- Capacità elastica dello stomaco (canidi)

3



4



5



6

REGOLAZIONE NERVOSA DELLE FUNZIONI DIGESTIVE: IL SISTEMA NERVOSO ENTERICO (SNE)

- Regolazione della **motilità**
- Regolazione delle **secrezioni**

7

REGOLAZIONE NERVOSA DEI FLUSSI E DEL CIRCOLO LOCALE

- Il Sistema Nevoso Enterico** regola il movimento di acqua ed elettroliti tra il lume e il compartimento fluido dei tessuti, attraverso l'attività di neuroni secretomotori che innervano la mucosa del piccolo e grosso intestino e controlla la permeabilità agli ioni.
- La secrezione, oltre che essere regolata attraverso i neurotrasmettitori, è condizionata anche dalla vasodilatazione, che fornisce i fluidi per la secrezione
- Poiché il flusso dei fluidi supera ogni giorno il volume totale ematico corporeo, il controllo di questi movimenti da parte del SNE è fondamentale per il mantenimento del bilancio idroelettrolitico.

8

REGOLAZIONE NERVOSA DEI FLUSSI E DEL CIRCOLO LOCALE

Oral intake	600
Salivary glands	300
Stomach	600
Bile	300
Pancreas	600
Small intestine	300
Endogenous secretions	2100
Total presented to intestine	2700
Absorbed	2665
Feces	35
Net balance	600-35=565
% Absorbed	2665/2700 = 98.7%

- Il maggiore assorbimento di acqua è legato all'assorbimento di nutrienti e Na^+ attraverso l'attivazione di cotrasportatori. La maggiore secrezione di acqua è quella che avviene seguendo i flussi di Cl^- e HCO_3^- .
- In tutti questi organi la secrezione è controllata da **riflessi enterici**.
- Mentre la regolazione del flusso ematico locale è opera di **neuroni vasodilatatori enterici**, **non esistono neuroni vasocostrittori intrinseci**.

Burrows CF. Chronic diarrhea in the dog. Vet Clin North Am 1983;23:521

9

RIFLESSI LUNGH

- Sistema nervoso simpatico
- Sistema nervoso parasimpatico

Brain
Gut-Brain Axis
Gut
Microbiota

Influence on: motility, secretion, nutrient delivery, microbial balance

Influence on: neurotransmitters, stress/anxiety, mood, behaviour

10

FUNZIONE DEI RIFLESSI LUNGH

- modulare e coordinare l'attività dei diversi segmenti dell'apparato digerente attraverso meccanismi di feed-forward es:
- vista del cibo-salivazione
- masticazione-secrezione gastrica

Medulla
Vagal nerves
Sympathetic chain
Thoracic Spinal cord
Prevertebral ganglia
Sacral Spinal cord
Pelvic nerves

11

GHIANDOLE SALIVARI

- Saliva più o meno isotonica e pH neutro
- Carne stimola la secrezione di muco
- Cibo secco favorisce produzione di saliva più acquosa
- Nel cane importante effetto di termoregolazione

12

GHIANDOLE SALIVARI



- La produzione di saliva è sotto controllo nervoso
 - Parasimpatico: aumenta la secrezione acquosa
 - Simpatico: aumenta la secrezione di mucina
- Produzione mediata da riflessi del gusto e riflessi condizionati
- Patologie della mucosa o dei denti possono influire sulla secrezione di saliva

13

AMILASI SALIVARE

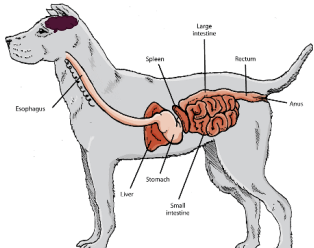
Specie	Presenza amilasi salivare	Note
uomo	si	alta attività
scimmie (antropomorfe)	si	variabile tra specie
suino	si	significativa
ratto, topo	si	alta attività
cane	no o molto bassa	solo tracce
gatto	no	inesistente
cavallo	no	solo amilasi pancreatica
bovini	no	digestione microbica nel rumine
uccelli granivori	variabile	alcuni si (es. piccione), altri no

14

FASI DELLA REGOLAZIONE

- Fase cefalica
- Fase gastrica
- Fase enterica

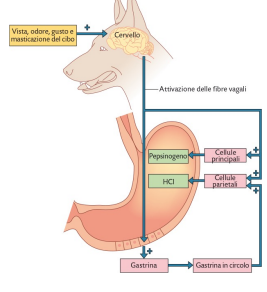
Il nome delle fasi è riferito alla regione su cui agisce lo stimolo, non alla parte dell'apparato GI interessata dal riflesso



15

FASE CEFALICA

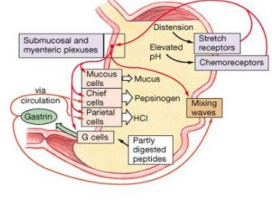
- Gli stimoli si avviano prima che il cibo raggiunga lo stomaco.
- Inizia con lo stimolo esserlo del cibo (sensazioni) emozioni, azione dei centri ipotalamici
- Riflessi lunghi viaggiano tramite il nervo VAGO
- Aumento produzione di saliva (acqua, bicarbonati, Na, Cl, K, amilasi, lisozima, immunoglobuline, lipasi orale, cortisolo)
- Secrezione gastrica e incremento motilità dello stomaco
- Circa 30% della secrezione totale



16

FASE GASTRICA

- Inizia per stimoli sensoriali provenienti dallo stomaco (riflessi lunghi e corti)
 - Recettori di stiramento (distensione)
 - Chemocettori (quando HCl viene tamponato dal cibo)
- Incrementa la secrezione avviata dalla fase cefalica
- Inizia la digestione delle proteine (pepsina)
- La presenza di peptidi stimola il rilascio di gastrina (via ematica)
- ECL (cellule enterocromaffino-simili) rilasciano istamina
- Aumenta la motilità e iniziano le contrazioni di rimescolamento
- > 60% della secrezione totale
- Lunga durata



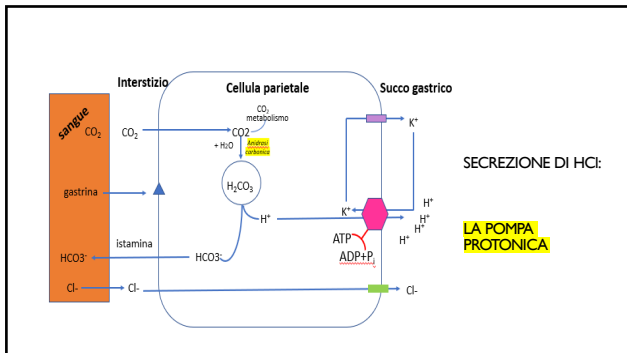
17

Funzioni del succo gastrico

- Muco: protezione mucosa
- HCl: denaturazione proteine
 - attivazione del pepsinogeno
 - acidificazione e azione antimicrobica
- Pepsine (sono molte): degradazione proteine in peptidi
- Fattore intrinseco: azione antianemica

NB: un cane di circa 25 Kg può produrre fino a 1 litro di succo gastrico nelle 24 ore

18



19

PEPSINE

Tutte le pepsine sono **endopeptidasi acide**, tagliano legami peptidici interni nelle proteine. Le differenze tra le specie riguardano:

- range di pH ottimale
- specificità di substrato (es. albumina, caseina, emoglobina)
- funzione adattiva (es. digestione del latte, resistenza alla decomposizione ossea nei necrofagi)

Le pepsine si sono evolute in ogni specie per massimizzare l'efficienza digestiva in base al tipo di cibo e alle caratteristiche anatomiche e fisiologiche:

- nei neonati lattanti (chimosina)
- negli erbivori (ridotta acidità, scarsa attività gastrica)
- nei carnivori e necrofagi (acidità estrema, alta potenza proteolitica)
- nei pesci (pH adattato all'ambiente acquatico e alla temperatura)

20

PEPSINE - esempi

- ◆ I carnivori producono principalmente Pepsina A, molto attiva a pH basso (pH 1-2). Alcuni carnivori possono produrre varianti più resistenti per digerire tessuti connettivi e cartilagini. Queste pepsine mantengono la loro attività proteolitica anche in condizioni estreme, come:
 - pH molto acido (anche <1.5)
 - alta concentrazione di substrati collagenei, come cartilagini, tendini e tessuto connettivo denso
 - alta carica proteica derivante da una dieta esclusivamente carnivora (ossa, pelle, cartilagini)

Le isoforme enzimatiche presenti in carnivori obbligati sono ottimizzate evolutivamente per agire su:

- collagene
- elastina
- proteine fibrose strutturali

Queste proteine sono più difficili da degradare rispetto a proteine globulari come l'albumina

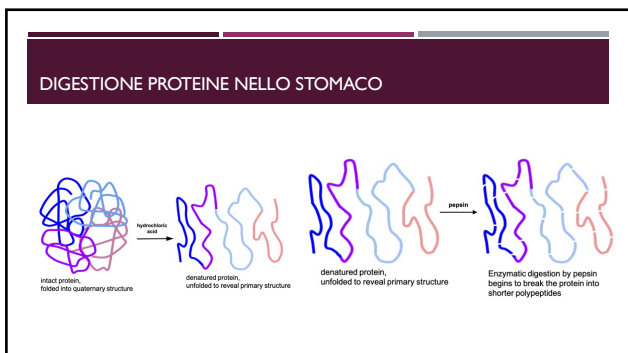
- ◆ Nei rettili sono presenti pepsine con adattamenti legati alla digestione lenta e alla capacità di digerire prede intere (ossa, squame, penne, ecc.); in alcuni serpenti si osservano pepsine attive anche a pH molto variabili (da 1,5 fino a 5), per adattarsi al digiuno prolungato seguito da pasti abbondanti

21

EVOLUZIONE ALIMENTARE E PEPSINE

Specie	Pepsina	pH ottimale	Specificità	Adattamento chiave
uomo	pepsina A, C	1.5-2.5	proteine animali e vegetali	digestione precoce, dieta mista
bovino (adulto)	pepsina A	~3	proteine vegetali digerite dopo fermentazione	coesistenza con digestione microbica
bovino (inonato)	chimosina (rennina)	3.5-5	caseina (latte)	coagulazione del latte
cane	pepsina A	1-2	tessuti animali	carnivoro
uccello	pepsina C	3-4	moderata su proteine complesse	digestione rapida, proventricolo
pesci	pepsina C varianti	~3.5	miste	ambiente freddo, digestione lenta
rettile	pepsina A modificata	2-5	prede intere	

22



23


FATTORE INTRINSECO: AZIONE ANTIANEMICA


- Prodotto dalle cellule dello stomaco, serve per l'assorbimento della vit. B12
- La cianocobalamina (B₁₂) è un micronutriente essenziale per la replicazione e metilazione del DNA*
- Esiste una carenza di B₁₂ ereditaria in alcune razze: Schnauzer gigante, Border collie, Pastore australiano, Beagle


*Steiner, P.H. Small Animal Gastroenterology. Schöningh-Verlagsgesellschaft mbH&Co. KG, 7, 30173, 156, 297, 317.
Hess-Böckler-Altes, Hannover, 2008. Reynolds E-Vitamin B12, folic acid, and the nervous system. Lancet Neurol. 5 (11): 949-960, 2006.

24

FATTORE INTRINSECO NEL CANE E NEL GATTO

 Il Fattore Intrinseco, è prodotto nel cane da stomaco e pancreas, nel gatto solo dal pancreas

 La carenza di B₁₂ nel cane è spesso associata a insufficienza pancreatica, e gravi patologie enteriche; anche la gastrite da *Helicobacter pilori* è causa di anemia da carenza di B₁₂*

 Nel gatto carenza di B₁₂ è più rara è stata riportata in caso di IBD* (inflammatory bowel disease)

*Dalgin et al., 2016. Pernicious anemia due to cobalamin deficiency in dogs with Helicobacter gastritis. DOI: 10.9775/ivfd.2015.14508
Simpson et al., 2001. Subnormal concentration of serum cobalamin (vitamin B12) in cats with gastrointestinal disease. J Vet Intern Med 15: 26-32

25

FASE ENTERICA

La motilità e la secrezione dell'apparato GE partono dal duodeno
Necessità di controllare la quantità di chimo in entrata nel piccolo intestino → Riduzione della motilità gastrica

- Controllo nervoso: riflessi enterogastrici messi in moto dalla distensione del duodeno
- Controllo ormonale:
 - l'acidità stimola il rilascio di secretina → stimola il rilascio di succhi pancreatici ricchi in bicarbonato
 - lipidi e carboidrati stimolano rilascio di CCK (stimola succhi pancreatici) e GIP* (inibizione attività dello stomaco; secrezione di acido e pepsinogeno; stimolazione insulina)

* Gastric Inhibitory Peptide o Glucose-dependent Insulinotropic Peptide

26

SECREZIONE PANCREATICA

Secrezione basale o interdigestiva:

- a digiuno
- avviene continuativamente anche in assenza di cibo
- nel cane 2% bicarbonato e 10% enzimi rispetto alla secrezione digestiva
- nei carnivori è ciclica con cicli di 90-100 minuti

27

COMPOSIZIONE SUCCO PANCREATICO

Porzione acquosa con elevato contenuto in ioni bicarbonato (HCO₃⁻)
(cellule dei piccoli dotti)

Mucina
(dotti terminali e interlobulari)

proEnzimi
(cellule acinose)

28

Tabella 15.6 Enzimi pancreatici e loro effetti

Enzima	Substrato	Effetto
Tripsina(ogeno), Chimotripsina(ogeno), (Pro)elastasi	Proteine, peptidi	Digerisce i legami peptidici interni
(Pro)carbossipeptidasi	Proteine, peptidi	Libera gli aminoacidi all'estremità carbossilica
Lipasi	Trigliceridi	Digerisce i legami esterei nelle posizioni 1 e 3, producendo acidi grassi liberi e monogliceridi
(Pro)fosfolipasi	Fosfolipidi	Digerisce i legami esterei nella posizione 2 dei fosfolipidi, come le lecitine
Amilasi	Polisaccaridi	Digerisce l'amido e il glicogeno liberando maltosio e corte catene di glucosio
Ribonucleasi	RNA	Digerisce l'RNA a nucleotidi
Desossiribonucleasi	DNA	Digerisce il DNA a nucleotidi

© V. Slavicek, O. Sand, K. Hone. Fisiologia degli animali domestici. Copyright 2013 C.E.A. Casa Editrice Ambrosiana

29

PANCREAS: ENDOPEPTIDASI TRIPSINA E CHIMOTRIPSINA

La tripsina e la chimotripsina sono **endopeptidasi pancreatiche**, enzimi che degradano le proteine rompendo i legami peptidici all'interno della catena amminoacidica. Agiscono nel duodeno dopo essere state secrete dal pancreas in forma inattiva (zimogeni: tripsinogeno e chimotripsinogeno).

La tripsina viene attivata da enzimi enterici(enteropeptidasi) o da autocatalisi. È lei che attiva la chimotripsina e tutti gli altri zimogeni: **la tripsina è centrale**

Tripsina e chimotripsina tagliano le proteine in punti specifici (riconoscono diversi aminoacidi target)

Lavorano in sinergia:

- la tripsina fa da apripista: apre la struttura proteica iniziale;
- la chimotripsina completa la frammentazione in peptidi più piccoli

30

ENDOPEPTIDASI

Le endopeptidasi rompono i legami peptidici interni.

2 peptidi più piccoli

31

ESOPEPTIDASI

Le esopeptidasi rompono i legami peptidici terminali per staccare singoli aminoacidi.

Aminopeptidasi

Carbossipeptidasi

Aminoacido Peptide Aminoacido

32

ESOPEPTIDASI: CARBOSSI- E AMINO-PEPTIDASI

Le aminopeptidasi e le carbossipeptidasi sono **esopeptidasi**, enzimi che tagliano gli estremi terminali dei peptidi (al contrario di endopeptidasi come tripsina e chimotripsina, che tagliano all'interno delle catene peptidiche). Sono fondamentali per completare la digestione proteica iniziata nello stomaco e nel duodeno.

- Carbossipeptidasi: taglia l'aminoacido all'estremità carbossi-terminale (COOH)
- Aminopeptidasi: taglia l'aminoacido all'estremità amino-terminale (NH₂)

Aminopeptidasi e carbossipeptidasi completano la digestione iniziata dalle endopeptidasi, liberando aminoacidi singoli pronti per essere assorbiti.

Gruppo amminico

Gruppo carbossilico

α-Carbonio Catena laterale (gruppo R)

Figura 3.22 Gli aminoacidi hanno un carbonio centrale asimmetrico a cui sono legati un gruppo amminico, un gruppo carbossilico, un atomo di idrogeno e una catena laterale (gruppo R).

33

CARBOSSIPEPTIDASI E AMINOPEPTIDASI

Carbossipeptidasi: secreta dal pancreas come procarbossipeptidasi, viene attivata dalla tripsina. È uno zinco-metalloenzima (enzima dipendente dallo zinco per il funzionamento). Rimuove l'ultimo aminoacido dal terminale carbossilico (C-terminale) della catena.

Amino-peptidasi: secreta principalmente dall'orletto a spazzola degli enterociti del piccolo intestino. Funzione: rimuove uno per uno gli aminoacidi dal terminale amminico (N-terminale) dei peptidi. Tipo: metalloenzima, dipende dalla presenza di zinco.

34

DIGESTIONE PROTEINE NEL DUODENO (pancreas, enterociti)

stomach

- Whole proteins are chewed and swallowed into the stomach
- Hydrochloric acid denatures proteins, unfolding their 3-D structure to reveal the polypeptide chain
- Enzymatic digestion by pepsin forms shorter polypeptides

small intestine

- In the small intestine, trypsin, chymotrypsin, and proteases continue enzymatic digestion, forming tripeptides, dipeptides, and amino acids
- In enterocytes, tripeptides and dipeptides are further broken down into amino acids, which are absorbed into the blood

bloodstream

35

ORMONI GASTROENTERICI

Ormone	Organo	Stimolato da	Effetti
Gastrina	Stomaco distale	peptidi e aminoacidi nello stomaco	↑ HCl e rigenerazione mucosa stomaco e intestino
Secretina	Duodeno	acidità nel duodeno	↑ produzione bicarbonato pancreatico
CCK	Duodeno	acidi grassi, monogliceridi e aminoacidi nel duodeno	↑ la secrezione di enzimi pancreatici, induce la contrazione della cistifellea
GIP ^a	Piccolo intestino	lipidi e glucosio in stomaco e intestino	Rallenta l'attività secretoria e la motilità gastrica e nel contempo stimola la secrezione di insulina
Istamina	ECL-cells	gastrina	Azione paracrina, ↑ HCl
Serotonina	Piccolo intestino		Azione paracrina, modulazione del SNE, neurogenesi

CCK: Colecistokinina
GIP: Gastric Inhibitory Peptide o Glucose-dependent Insulinotropic Peptide

36

FUNZIONI DEL FEGATO

- Produzione delle proteine plasmatiche (la maggior parte)
- Produzione dei fattori della coagulazione
- Produzione di colesterolo
- Glicogenogenesi e gluconeogenesi
- Detossificazione da tossine, farmaci
- Conversione di sostanze in forme inattive, es. ormoni
- A livello di intestino:
 - produzione della bile
 - Secrezione di pigmenti: bilirubina da catabolismo dell'eme (nei macrofagi epatici)

Feci ipocoliche

37

FEGATO

nella bile:

- Sali biliari: prodotti dal colesterolo e coniugati ad aminoacidi, sono sottoforma di anioni
- Fosfolipidi: intervengono nella digestione dei lipidi
- La secrezione è stimolata da Ach e dalla quantità di riassorbimento intestinale

38

FEGATO

nella bile:

- I sali biliari vengono riassorbiti (95%) nel tratto distale del tenue (circolo entero-epatico) attraverso processo attivo Na^+ -dipendente
- La liberazione della bile avviene per stimolazione della CCK

39

	(a) Carbohydrate digestion	(b) Protein digestion	(c) Nucleic acid digestion	(d) Fat digestion
Oral cavity, pharynx, esophagus	Polysaccharides (starch, glycogen) ↓ Salivary amylase Smaller polysaccharides, maltose			
Stomach		Proteins ↓ Pepsin Small polypeptides		
Lumen of small intestine	Polysaccharides ↓ Pancreatic amylases Maltose and other disaccharides	Polypeptides ↓ Trypsin, Chymotrypsin Smaller polypeptides ↓ Aminoglycosidase, Carboxypeptidase Amino acids	DNA, RNA ↓ Nucleases Nucleotides	Fat globules ↓ Bile salts Fat droplets (emulsified) ↓ Lipase Glycerol, fatty acids, glycerides
Epithelium of small intestine (brush border)	↓ Disaccharidases Monosaccharides	Small peptides ↓ Dipeptidases Amino acids	↓ Nucleotidases Nucleosides ↓ Nucleosidases Nitrogenous bases, sugars, phosphates	

40

SUCCO ENTERICO

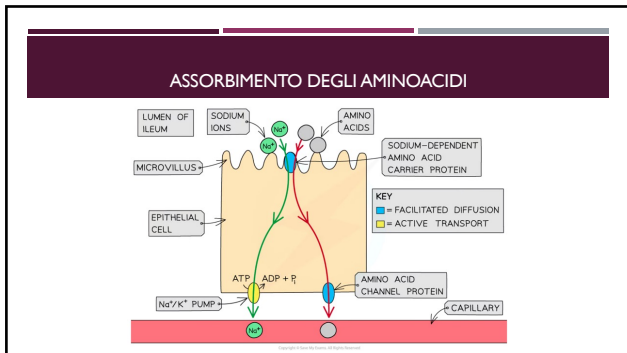
- Acqua!
- Muco
- Ioni: Na^+ , HCO_3^-
- Enzimi: agiscono a livello delle cellule dei villi rendendo immediatamente disponibili gli elementi per l'assorbimento (cotrasporto con il Na^+)
 - disaccaridasi
 - dipeptidasi
 - nucleosidasi
- Circa 0,5 L/die in un cane di media taglia

41

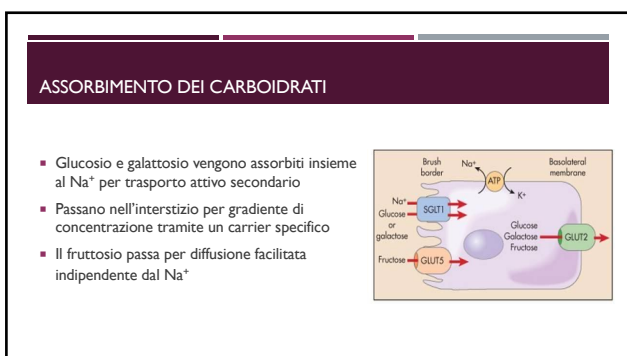
FASE ASSORBITIVA

- Inizia nel tenue
- Trasporto transcellulare attraverso le membrane
 - sostanze liposolubili per diffusione semplice
 - sostanze idrosolubili attraverso canali e carriers
- Trasporto paracellulare attraverso le *tight junction*
- Endo-esocitosi
 - endocitosi dal lato luminale
 - esocitosi verso l'interstizio

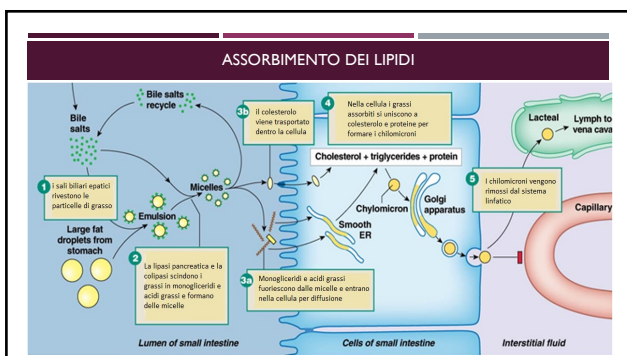
42



43



44



45

CHILOMICRONI → COLESTEROLO LDL

I chilomicroni passano nei vasi linfatici, raggiungono il dotto toracico e poi entrano nella vena succlavia sinistra, si immettono nel circolo sistemico evitando il fegato (in questa prima fase)

La lipoproteina lipasi (LPL), situata sulla superficie endoteliale dei capillari stacca i trigliceridi dai chilomicroni formando acidi grassi liberi + glicerolo

Questi acidi grassi possono entrare all'interno di muscolo per fornire energia o negli adipociti come deposito (dopo nuova esterificazione a trigliceridi)

In seguito a questa sottrazione di trigliceridi, il **chilomicrono residuo** ha molto più colesterolo e fosfolipidi, scarse lipoproteine e una proteina di trasporto (ApoE) che rappresenta la chiave per l'ingresso nel fegato

Il fegato ha recettori per ApoE → fa entrare i chilomicroni e li utilizza o trasforma. Produce lipoproteine a bassissima densità (VLDL) che tornano in circolo per l'uso dei tessuti e vengono "spolpati" a seconda delle necessità dalle LPL dei capillari, formando però dei residui densi, ricchi di colesterolo, le LDL

46

CHILOMICRONI

Chilomicroni **VLDL**

LDL **HDL**

- Trigliceridi
- Fosfolipidi
- Esteri del colesterolo
- Proteine
- Colesterolo
- Altre sostanze

VLDL: Very Low Density Lipoprotein
 LDL: Low Density Lipoprotein
 HDL: High Density Lipoprotein (c.d. colesterolo "buono")
 prodotta da enterociti e immesse nel sangue

There are 3 different sizes of LDL. The smaller are the dangerous ones. The big ones are not associated with atherosclerosis.

Not dangerous → Dangerous

47

ASSORBIMENTO DEL FERRO

- Viene assorbito a seconda della necessità dell'organismo
- Assorbito nel piccolo intestino mediante trasporto attivo
- In parte entra subito in circolo legato alla transferrina

a Lume: Fe^{2+} , Ferringino - pool del ferro, Cellula epiteliale, Assorbimento del ferro, Fe^{2+} , Capillare, Transferrina non saturata, Liquido interstiziale

b Ferro perso quando Fe^{2+} la cellula si sfalda, Nessun assorbimento, Transferrina saturata

48

ASSORBIMENTO DEL FERRO

- Parte si lega all'apoferritina nell'enterocita, formando depositi di ferritina
- Presenza di fosfati e ossalati rendono il Fe indisponibile per l'assorbimento
- La vitamina C riducendo il Fe³⁺ (ferrico) a Fe²⁺ (ferroso) lo rende maggiormente assorbibile

49

ASSORBIMENTO DEL CALCIO

- Assorbito con un meccanismo di trasporto attivo mediante una proteina trasportatrice localizzata sulla superficie assorbente delle cellule
- L'assorbimento è favorito dalla vitamina D, dall'ormone paratiroideo, estrogeni

Luminal side

TRPV5/6

Ca⁺⁺

Ca⁺⁺-calbindin_{9k}

Calbindin_{9k}

Serosal side

PMCA

Ca⁺⁺

Koppen & Storten, Bone and Bone Physiology, 4th Edition
Copyright © 2008 by Humana, an imprint of Springer, Inc. All rights reserved.

50

ASSORBIMENTO DELL'ACQUA

Bilancio idrico in un cane di circa 20 Kg

Circa 3L di liquidi sono presenti ogni giorno a livello di intestino. Di questi solo un 20% proviene dalla dieta.

Il resto deriva dalle secrezioni del tratto gastroenterico.

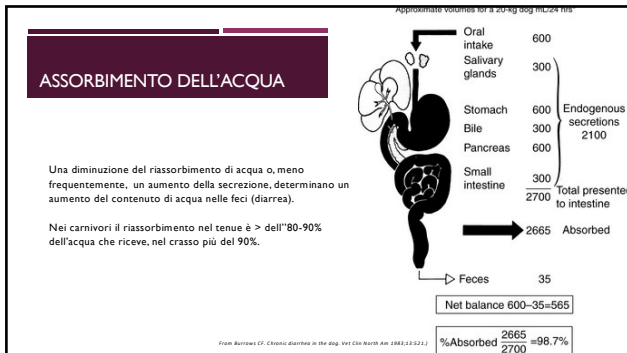
La maggior parte dei fluidi viene riassorbito e solo una piccola parte viene persa nelle feci in condizioni normali.

Approximate volumes for a 20-kg dog mL/24 hrs*

Oral intake	600
Salivary glands	300
Stomach	600
Bile	300
Pancreas	600
Small intestine	300
Total presented to intestine	2700
Absorbed	2665
Feces	35
Net balance	600-35=565
% Absorbed	2665/2700=98.7%

*From Berman GJ. Clinical chemistry in the dog. Vet Clin North Am 1983;11:521.

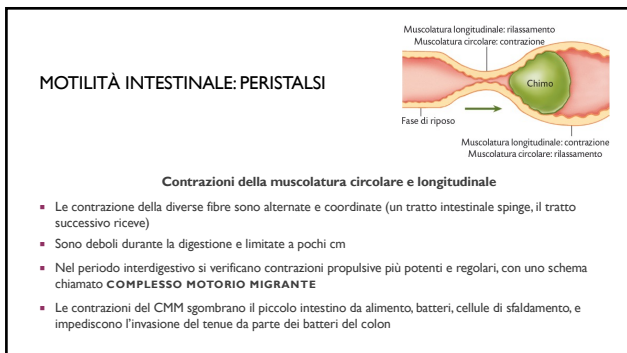
51



52



53



54

SISTEMA NERVOSO ENTERICO

Rappresenta l'innervazione intrinseca del sistema GI
Esistono due meccanismi che funzionano con diversi sistemi neurali:

- meccanismo **eccitatorio** Ach, serotonina,
- meccanismo **inibitorio** non-adrenergico/non-colinergico (NANC)

Activation of MYENTERIC PLEXUS

- Increases tonic contraction
- Increases intensity of phasic contractions
- Increases rate of phasic contractions
- Increases velocity of conduction

Activation of SUBMUCOSAL PLEXUS

- Increases secretory activity
- Modulates intestinal absorption

55

SFINTERE ILEO-CECALE

- Previene il movimento retrogrado verso l'ileo
- Consta di un anello di muscolatura circolare sempre sotto contrazione
- Durante i periodi di attività peristaltica nell'ileo lo sfintere si rilassa e il materiale passa nel colon
- Quando la pressione nel colon aumenta, lo sfintere si contrae di nuovo

56

COLON: RIASSORBIMENTI FINALI

- N.B.: non ci sono carriers per i nutrienti
- Degradazione microbica ridotta:
 - formazione di AGV dalla fermentazione dei carboidrati (scarsa nei carnivori alimentati naturalmente)
 - formazione di Solfuro di idrogeno e amine volatili dalla fermentazione delle proteine
- Riassorbimento di acqua
- Riassorbimento di sali minerali (Na, Cl, HCO₃, K)

57

MOTILITÀ GROSSO INTESTINO

- **Movimenti di segmentazione:** favoriscono il rimescolamento del contenuto luminale
- **Peristalsi:** favoriscono la progressione del contenuto luminale
- **Antiperistalsi:** favoriscono la ritenzione del contenuto luminale
 - A livello di passaggio tra colon trasverso e colon discendente nel gatto è presente un pacemaker da cui partono onde lente in direzione orale e aborale
- **Movimenti di massa:** forzano il contenuto verso il retto

58



RETTO

- Il retto dei carnivori è vuoto per gran parte del tempo, si attiva all'arrivo delle feci
- Riflesso della **defecazione** con rilassamento dello sfintere interno che trasmette all'animale la percezione cosciente della necessità di svuotare il retto

59

DEFECAZIONE

- Sfintere interno: m. liscio, contratto in forma tonica, responsabile della continenza anale. Regolato da:
 - Simpatico: contrazione
 - Parasimpatico: rilassamento
- Sfintere esterno: m. striato, mantiene un certo grado di contrazione. Regolato da:
 - Fibre efferenti somatiche (nervo pudendo)

60

DEFECAZIONE

- Al rilassamento dello sfintere interno seguono contrazioni peristaltiche del retto (riflesso retto-sfinterico)→evacuazione
- Gli animali associano a questo riflesso una serie di azioni volontarie:
 - Il diaframma e i muscoli addominali si contraggono per aumentare la pressione intra-addominale
 - Lo sfintere striato si rilassa non appena l'animale assume la postura della defecazione

61

DEFECAZIONE

- Negli animali allenati l'effetto del riflesso retto-sfinterico può essere bloccato da una contrazione volontaria dello sfintere esterno
- Quando la defecazione viene volontariamente impedita, il retto si rilassa per ricevere il bolo fecale e lo sfintere interno recupera il tono. Lo stimolo della defecazione viene così bloccato, fino a quando un altro bolo fecale raggiunge il retto
- Il controllo dello sfintere esterno viene appreso precocemente nel cucciolo e nel gattino
- Il gatto orienta le deiezioni e di solito le ricopre con il substrato

62
