

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Université Abou Bekr Belkaid
Tlemcen Algérie



جامعة أبي بكر بلقايد

Graduation
2^{ème} année médecine

Physiologie intestinale

Fait par Pr Ag ETCHIALI Amal

Physiologie intestinale

Objectifs:

1. **Décrire les mécanismes de la motricité :** Comprendre la dynamique des mouvements (segmentation, péristaltisme) et le rôle de du Complexe Myoélectrique Migrant (CMM).
2. **Expliquer les processus de digestion et d'absorption :** Maîtriser l'hydrolyse des macromolécules et le fonctionnement des transporteurs membranaires
3. **Analyser les régulations de la fonction intestinale :** Identifier l'interaction entre le Système Nerveux Entérique (SNE), le système autonome et les hormones digestives (Gastrine, CCK, Sécrétine).

Bibliographie :

1. **Guyton, A.C. & Hall, J.E.,** *Physiologie médicale*, 14e édition, Elsevier.
2. **Boron, W.F. & Boulpaep, E.L.,** *Medical Physiology*, 3rd Edition, Elsevier Health Sciences.
3. **Sherwood, L.,** *Physiologie humaine : Une approche intégrée*, De Boeck Supérieur.
4. **Collège des Enseignants d'Hépatogastro-Entérologie (CDU-HGE),** *Hépatogastro-Entérologie*, Édition Masson.
5. **Berne, R.M. & Levy, M.N.,** *Physiology*, Mosby/Elsevier.

Physiologie intestinale

I-Introduction/définition :

La fonction principale de l'intestin est l'absorption des aliments après leur digestion.

L'absorption est le passage des nutriments de l'intestin grêle vers le sang et la lymphe, elle se fait par 3 mécanismes différents

Diffusion passive : passage des nutriments du milieu le plus concentré vers le milieu le moins concentré, il se fait sans dépense d'énergie

Diffusion facilitée : passage dans le sens du gradient qui se fait plus rapidement à l'aide d'un transporteur

Transport actif : passage des nutriments contre un gradient de concentration, il consomme l'énergie.

II-Physiologie de la Motricité Intestinale : La motricité intestinale comprend : le brassage (digestion/absorption) et la progression (transit).

I. Les types de mouvements

1. La Segmentation (Contractions de brassage) :

- **Mécanisme :** Contractions annulaires localisées qui divisent le chyme.
- **Rôle :** Mélange des aliments avec les sécrétions digestives et exposition maximale de la muqueuse pour l'absorption.

2. Le Péristaltisme (Contractions de propulsion) :

- **Mécanisme :** Onde de contraction précédée d'une zone de relaxation .
- **Vitesse :** Lente dans l'intestin grêle (0,5 à 2cm/s) pour laisser le temps à l'absorption.

3. Le Complexe Myoélectrique Migrant (CMM) :

- **Période :** Survient uniquement à **jeun** (toutes les 90-120 min).
- **Rôle :** balaie les débris alimentaires et les bactéries vers le côlon (rôle de nettoyage).
- **Régulation :** Initié par la **Motiline**.

III-Physiologie de la digestion intestinale :

Digestion pré-intestinale :

Salive : Amylase salivaire : hydrolyse l'amidon à pH neutre permet de digérer chez l'Homme environ **70% de l'amidon**

Estomac : Pepsine : hydrolyse les protéines à pH acide

Digestion intestinale

1. Digestion Extracellulaire dans la lumière du TD par des enzymes pancréatiques Permet une réduction de tailles des grandes molécules (protéines, amidon,...) mais pas assez pour permettre une absorption.

digestion très rapide (plus puissante que l'amylase salivaire) dans le duodénum en 15-30 minutes tout l'amidon est digéré : Maltose, maltotriose, dextrines à partir amidon ,Lactose, saccharose non hydrolysés

2. Digestion Membranaire au contact de la bordure en Brosse par des enzymes synthétisées par les entérocytes Permet de libérer des molécules qui peuvent être absorbées ;

Enzymes digestive de la bordure en brosse : Oligosaccharidases , Dipeptidases, Aminopeptidases , Monoglycéride lipase, Nucléotidases, nucléosidases

3. Digestion intracellulaire dans les entérocytes seulement pour les peptides et qui libère des acides aminés

Absorption :

majoritairement au niveau de l'intestin grêle

Grande surface favorise cette absorption : Replis, Villosités, Microvillosités

Turn-over rapide des cellules (3 à 6 j chez l'Homme)

IV-Physiologie de l'absorption intestinale

I- l'absorption des glucides :

Les glucides sont représentés par :

amidon et glycogène : 60%

saccharose (glucose+fructose) : 30%

lactose (glucose+galactose) : 10%

Ils doivent être hydrolysés en monosaccharides avant l'absorption.

Pas d'enzymes capables de digérer des polysaccharides avec des liaisons β -glucose (cellulose, hémicellulose,...)

Hydrolyse de liaisons α uniquement

La cellulose et les autres fibres ont principalement un rôle dans le transit intestinal

Glucose et galactose :

-Ils entrent en compétition pour le même transporteur : l'absorption de l'un freine celle de l'autre.

-absorbés par un mécanisme actif, à l'aide d'un transporteur Na^+ dépendant.

Fructose : nécessite un transporteur Na^+ indépendant (diffusion facilitée).

Les nouveau-nés (premières 24 heures) peuvent absorber des oligosaccharides par endocytose

L'Absorption essentiellement dans le duodénum et le jéjunum

Deux familles de transporteurs :

SGLT : sodium-glucose linked transporter Absorption active secondaire (nécessite de l'ATP)

GLUT: glucose transporter Diffusion facilitée (ne nécessite pas d'ATP)

Transporteurs Au niveau de la membrane apicale : SGLT1 : glucose, galactose , GLUT5 : fructose

Au niveau de la membrane basolatérale : GLUT2 : glucose, fructose et galactose

Seuls les monosaccharides (glucose, fructose, galactose) peuvent être absorbés par les entérocytes.

L'absorption se fait au niveau du duodénum et du jéjunum, ensuite tous les sucres doivent rejoindre le foie par la veine porte.

II- l'absorption des lipides :

La majorité des lipides alimentaires (98 %) sont des **Triglycérides (TG)**. En raison de leur caractère hydrophobe et de leur taille moléculaire, ils ne peuvent être absorbés en l'état.

- **Formes non absorbables** : TG, Phospholipides (PL), Esters de cholestérol.
- **Unités absorbables** : Acides gras libres (AGL), 2-monoglycérides (MG), cholestérol libre, vitamines liposolubles (A, D, E, K).

Les Étapes de la Digestion Luminale

1. Phase Gastrique :

L'hydrolyse commence dans l'estomac (10 à 30 % de la digestion lipidique) grâce aux **lipases linguale et gastrique**.

- **Spécificité** : Elles agissent sur les TG à chaîne courte et moyenne.

- **Importance clinique** : Cruciale chez le nouveau-né (immaturité pancréatique) pour la digestion des graisses du lait.

2. Phase Intestinale : L'Étape Majeure

Elle se déroule dans le duodénum et le jéjunum proximal et repose sur la synergie entre le foie et le pancréas.

- **L'Émulsification** : Les sels biliaires réduisent la tension superficielle des gouttelettes lipidiques, créant une émulsion qui augmente la surface d'attaque pour les enzymes.
- **L'Hydrolyse Enzymatique (Pancréas)** :
 - **Lipase Pancréatique** : Nécessite impérativement la **Colipase** (activée par la trypsine) pour s'ancrer aux gouttelettes en présence de sels biliaires. Elle libère deux AGL et un 2-monoglycéride.
 - **Cholestérol estérase (estérase non spécifique)** : Hydrolyse les esters de cholestérol et les vitamines.
 - **Phospholipase A2** : Transforme les PL en lysophospholipides

Absorption et Événements Entérocytaires

1. Solubilisation Micellaire

Les produits de l'hydrolyse s'associent aux sels biliaires pour former des **micelles mixtes**. Ces structures hydrosolubles permettent de traverser la couche d'eau non remuée (stagnant water layer) pour atteindre la membrane apicale des entérocytes.

2. Mécanismes de Passage Membranaire

- **Phase membranaire** : Les micelles se dissocient au contact de la bordure en brosse. Les lipides pénètrent dans la cellule par **diffusion passive** (lipophilie) ou via des transporteurs protéiques.
- **Devenir des sels biliaires** : Ils restent dans la lumière intestinale. Ils sont réabsorbés par transport actif au niveau de l'**iléon terminal** (cycle entéro-hépatique).

3. Phase Cellulaire : Re-synthèse et Conditionnement

Dans le réticulum endoplasmique de l'entérocyte, le sort des lipides dépend de la longueur de leur chaîne carbonée :

- **AG à chaîne courte et moyenne ($< 12C$)** : Ils sont directement déversés dans le **sang portal** et transportés par l'albumine vers le foie.
- **AG à chaîne longue ($> 12C$) et MG** : Ils sont ré-estérifiés en TG. Ces TG sont ensuite associés à des phospholipides, du cholestérol et des apolipoprotéines (notamment l'**Apo B-48**) pour former les **Chylomicrons**.

Transport et Métabolisme Post-Prandial

1. Exportation et Voies de Drainage

Les chylomicrons quittent l'entérocyte par exocytose vers l'espace interstitiel.

- **Voie Lymphatique** : Trop volumineux pour les capillaires sanguins, ils gagnent les chylifères, le **canal thoracique**, puis rejoignent la circulation systémique via la **veine sous-clavière gauche**.

2. Épuration Plasmatique

Sous l'action de la **Lipoprotéine Lipase (LPL)** (située sur l'endothélium capillaire des muscles, du cœur et du tissu adipeux), les TG des chylomicrons sont hydrolysés. Les AGL libérés sont alors captés par les tissus pour être oxydés (énergie) ou stockés.

III- l'absorption des protides :

I. Les Sources de Protides

Le flux protéique intestinal est massif et provient de deux sources :

- **Protéines exogènes** : 70 à 100 g/jour (alimentation).
- **Protéines endogènes** : 35 à 130 g/jour. Elles proviennent des sécrétions enzymatiques, de la desquamation des entérocytes et de la fuite de protéines plasmatiques dans la lumière.

Note : La digestion des protéines endogènes est aussi efficace que celle des protéines alimentaires.

II. La Digestion Enzymatique : Cinétique et Spécificité

1. Phase Gastrique (10 à 20 % de la protéolyse)

- **Enzyme** : La **pepsine**, sécrétée sous forme de pepsinogène par les cellules principales.
- **Activation** : Nécessite un milieu acide (pH entre 1,5 et 3). Elle est inactivée dès que le pH dépasse 5 (arrivée dans le duodénum).
- **Action** : C'est une **endopeptidase** qui clive les liaisons peptidiques au niveau des AA aromatiques. Elle est indispensable pour digérer le **collagène** (tissu conjonctif des viandes).

2. Phase Intestinale Luminale (Pancréatique)

C'est l'étape majeure de la digestion.

- **Cascade d'activation** : L'**entérokinase** (enzyme de la bordure en brosse) active le trypsinogène en **trypsine**. La trypsine active ensuite les autres proenzymes : chymotrypsinogène, pro-élastase et pro-carboxypeptidases.
- **Types d'enzymes** :
 - **Endopeptidases** : Trypsine, chymotrypsine, élastase (clivage interne).
 - **Exopeptidases** : Carboxypeptidases A et B (clivage du côté C-terminal).

III. Absorption et Hydrolyse Terminale

L'absorption se produit essentiellement dans le **duodénum et le jéjunum**. Contrairement aux glucides, les protides peuvent être absorbés sous forme de monomères (AA) ou de courts oligopeptides.

1. Absorption des Di- et Tripeptides (67 % de l'absorption)

- **Mécanisme** : C'est la voie quantitativement **prédominante**.

- **Transporteur : PepT1** au niveau de la membrane apicale. C'est un transport **actif secondaire couplé au gradient de protons (H^+)**.
- **Devenir** : Une fois dans l'entérocyte, ils sont hydrolysés en AA libres par des **di/tripeptidases cytosoliques**.

2. Absorption des Acides Aminés Libres (33 % de l'absorption)

- **Membrane apicale** : Plusieurs systèmes de transport spécifiques (pour AA neutres, basiques, acides, etc.). La plupart sont **Na⁺ dépendants** (transport actif secondaire).
- **Membrane basolatérale** : Les AA sortent vers le sang par diffusion facilitée via des transporteurs spécifiques.

IV. Bilan et Transport

- **Site** : L'intestin proximal (duodénum/jéjunum) est le site majeur.
- **Hydrolyse finale** : Bien que les peptides soient mieux absorbés que les AA libres, la quasi-totalité des protides quitte l'entérocyte sous forme d'**acides aminés libres**.
- **Voie de drainage** : Ils rejoignent la **veine porte** pour un premier passage obligatoire par le **foie**, où s'opère le tri métabolique.

IV- l'absorption hydro électrolytiques

A- l'eau :

Origine :

Exogène : c'est l'eau d'ingestion ou celle qui est liée aux aliments (2 l/jour)

Endogène : elle provient des sécrétions gastriques, pancréatiques et biliaires (7 l/jour)

L'absorption au niveau du côlon et de l'iléon est moins importante qu'au niveau du jéjunum.

Le mouvement d'eau est passif et secondaire au gradient osmotique. Il est bidirectionnel :

de la lumière intestinale vers l'intestin : c'est le flux entrant.

de l'intestin vers la lumière intestinale : c'est le flux sortant.

→ la différence entre les deux flux est le flux net, il est toujours supérieur à 0 chez le sujet normal, il peut s'inverser en cas de diarrhée

B- les électrolytes:

Na⁺ :

absorbé activement tout au long de l'intestin grêle et du côlon.

son absorption est augmentée par le glucose.

K⁺ et Cl⁻ : suivent passivement les mouvements de Na⁺.

HCO₃⁻ :

absorbés activement dans le jéjunum,

et légèrement sécrétés au niveau du duodénum.

Ca²⁺ :

absorbé par un mécanisme actif surtout dans le jéjunum et le duodénum,

cette absorption est augmentée par la vitamine D.

Fer :

absorbé sous forme ferreuse (Fe²⁺) au niveau de l'intestin proximal par un mécanisme actif.

son absorption est augmentée par HCl et l'acide ascorbique.

Vitamine B12 (Cobalamine) :

C'est un processus complexe, spécifique de l'**iléon terminal** :

1. **Libération** : Dans l'estomac, la B12 est extraite des protéines alimentaires grâce au HCl et à la pepsine.

2. **Liaison au Facteur Intrinsèque (FI) :** La B12 libre se lie au FI (sécrété par les cellules pariétales gastriques).
3. **Capture :** Le complexe **B12-FI** progresse jusqu'à l'**iléon terminal** où il se fixe sur des récepteurs spécifiques (cubiline).
4. **Passage sanguin :** La B12 entre dans le sang liée à la **Transcobalamine II**

C- les agents modifiants les mouvements d'eau et des électrolytes :

Ce sont les hormones gastro-intestinales :

VIP : (**Peptide vasoactif intestinal**): entraîne une sécrétion, elle inverse le flux net.

ADH : (anti diurétique hormone) : diminue le flux entrant.

Sels biliaires : diminue le flux entrant.

Agents laxatifs : augmentent l'excrétion intestinale d'eau (flux sortant)

V-Régulation de la Fonction Intestinale

L'intestin possède une autonomie remarquable grâce à son propre "cerveau", mais reste sous le contrôle du système nerveux central et des hormones.

I. Régulation Nerveuse (L'Axe Cerveau-Intestin)

A. Le Système Nerveux Entérique (SNE) – Intrinsèque : Il est constitué de deux plexus autonomes :

- **Plexus de Meissner (Sous-muqueux) :** Contrôle principalement les **sécrétions** et le flux sanguin local.
- **Plexus d'Auerbach (Myentérique) :** Situé entre les couches musculaires, il coordonne la **motricité**.

B. Le Système Nerveux Autonome - Extrinsèque

- **Système Parasymphatique (Nerf Vague) : Stimulateur.** Augmente la motilité et les sécrétions.
- **Système Sympathique : Inhibiteur.** Diminue la motilité et provoque une vasoconstriction.

II. Régulation Hormonale et Paracrine

Les hormones gastro-intestinales sont sécrétées par des cellules endocrines dispersées dans la muqueuse.

Hormone	Stimulus de sécrétion	Actions principales
Gastrine	Distension gastrique, protéines	Stimule la sécrétion d'HCl et la motilité gastrique.

Hormone	Stimulus de sécrétion	Actions principales
Sécrétine	Acidité duodénale ($pH < 4,5$)	Stimule la sécrétion de bicarbonates (tampon).
CCK (Cholécystokinine)	Lipides et peptides	Contraction vésiculaire et sécrétion d'enzymes pancréatiques.
GIP (Peptide Insulinotrope)	Glucose, Graisses	Stimule la libération d'insuline (effet incrétine).
VIP	Distension	Relaxation des sphincters et sécrétion d'eau.

III. Les Réflexes Intestinaux Clés

- **Réflexe Gastro-entérique** : La distension de l'estomac augmente la motilité de l'intestin grêle.
- **Réflexe Gastro-colique** : La distension de l'estomac déclenche l'évacuation du côlon (souvent après le repas).
- **Réflexe Iléo-gastrique** : La distension de l'iléon freine la vidange gastrique (pour éviter de surcharger l'intestin).

VI- conclusion :

L'absorption intestinale nécessite au préalable une digestion normale.

Elle a lieu essentiellement dans le duodénum et le jéjunum, l'iléon étant le siège de l'absorption de la vitB12 et des selles biliaires.

Son importance explique la gravité des résections du grêle