

FISIOLOGIA DE LA ABSORCION DE NUTRIENTES POR EL AP DIGESTIVO

Dra M. Calvo

ESQUEMA

1-DIGESTION Y ABSORCION DE LOS DISTINTOS ALIMENTOS

- Digestión de los HC
- Digestión de las proteínas
- Digestión de las grasas

2-ABSORCION DE AGUA Y ELECTROLITOS

- Absorción de agua
- Absorción de iones
- Absorción en el colon

3- ABSORCIÓN DE VITAMINAS

DIGESTION DE LOS DISTINTOS ALIMENTOS

Con excepción de algunas minerales y vitaminas el organismo vive de carbohidratos o hidratos de carbono (HC), proteínas y grasas pero deben ser digeridos para su absorción por el tubo digestivo.

En los 3 se precisa la hidrolisis para poder ser fragmentados en moléculas más pequeñas y ser absorbidos.

1.1-DIGESTION DE HIDRATOS DE CARBONO (HC)

Los principales HC son 3:

- **-sacarosa** (disacárido) (caña de azúcar) (disacárido: GLU+FRUCTOSA)
- **-lactosa** (disacárido) (leche). (disacárido GLU+GALACTOSA)
- **-almidón** (polisacáridos de glucosa que están en alimentos sobre todo no animales: patata, cereales..) y es el HC más frecuente consumido

El almidón es una mezcla de polímeros de glucosa de cadena recta y ramificada. Los polímeros de cadena recta se denominan **amilosa** y las moléculas de cadena ramificada se denominan **amilopectina**. El almidón es una fuente particularmente importante de calorías, especialmente en los países en vías de desarrollo, y se encuentra de forma predominante en los cereales.

Otros HC son **amilosa, glucógeno, dextrinas, ac pirúvico, ac láctico..**

La **celulosa** es otro HC pero no existen enzimas para la hidrólisis por lo que no se digiere.

La digestión empieza en **boca**.

La glándula parótida segrega con la saliva la **ptialina (alfa amilasa)** que actúa sobre el almidón pasando a disacárido **maltosa** (disacárido de GLU+GLU) y polímeros de glucosa de 3 a 9 moléculas de glucosa. Pero en la boca está poco tiempo el alimento y tan sólo se hidroliza el 5% de los almidones que estamos ingiriendo.

Cuando llegan a **cavidad gástrica** se mezclan con las secreciones gástricas y se inactiva la amilasa salivar ante ph ácidos menores de 4 pero ha hecho su pequeña función por haber estado en contacto con los alimentos al menos una hora antes de inactivarse con

un pH ácido... de esta manera el almidón se habrá hidrolizado hasta el 40% sobre todo en maltosa.

En el intestino delgado (ID) intervienen enzimas pancreáticas y enzimas de las células endoteliales intestinales.

El páncreas secreta **amilasa** y con ello obtenemos que todos los almidones se hidrolizan a maltosa y polímeros pequeños de glucosa (esta amilasa es semejante a la salivar).

De esta manera el 20-40% de los almidones se degradan por la amilasa salivar y el 50 a 80% por la amilasa pancreática.

En el ID, en las células epiteliales que revisten el interior del ID hay 4 enzimas que van a hidrolizar los disacáridos y los polímeros pequeños de glucosa en monosacáridos.

Estas enzimas son **lactasa, sacarasa, maltasa y alfa dextrinasa** capaces de desdoblar los disacáridos lactosa, sacarosa y maltosa y otros polímeros de glu en sus monosacáridos correspondientes. Estas enzimas están en el reborde en cepillo de las células intestinales. Finalmente estos monosacáridos son absorbidos.

La alimentación cotidiana contiene un 80% de almidón (cuyo producto final de la digestión es la GLU), y el 10% son galactosa y 10% fructosa.

DIGESTION DE PROTEINAS

Las proteínas son aminoácidos (aa) unidos por enlaces peptídicos. Proviene la mayoría de carnes y legumbres.

La digestión de proteínas empieza en el **estómago**.

Se segrega la **pepsina** que es secretada por las células principales en forma de su precursor inactivo, el pepsinógeno.

El pepsinógeno se activa a pepsina en un pH ácido y se inactiva en un pH alcalino a partir de 5.

De ahí la importancia que las células parietales (oxínticas) generen HCl para activar la pepsina.

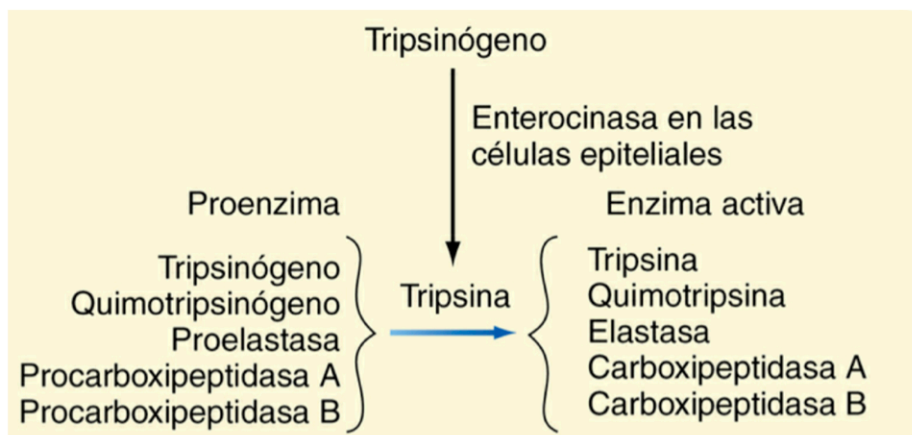
La pepsina lleva a cabo el 20% de la hidrólisis de proteínas y genera peptonas, peptonas y polipéptidos.

La pepsina también ataca a la colágena del tej conectivo de las carnes para que los fermentos digestivos puedan penetrar en la carne e hidrolizar las proteínas.

Por lo tanto la pepsina no es capaz de digerir la proteína completamente hasta una forma que pueda ser absorbida por el intestino. En cambio, proporciona una mezcla de proteína intacta, péptidos de gran tamaño (la mayoría) y un número escaso de aminoácidos libres.

El otro 80% de la hidrólisis de las proteínas se lleva a cabo en el duodeno y yeyuno.

Al desplazarse hacia el intestino delgado, las proteínas parcialmente digeridas entran en contacto con las **proteasas** de la **secreción pancreática**. Hay que recordar que estas enzimas se segregan en su forma inactiva. ¿Cómo son activadas entonces para comenzar el proceso de digestión de las proteínas? De hecho, la activación de las proteasas se retrasa hasta que estas enzimas se hallan en la luz gracias a la presencia localizada de una enzima activadora, la **enterocinasa**, solo en el borde en cepillo de las células epiteliales del intestino delgado . La enterocinasa escinde el tripsinógeno para obtener **tripsina** activa. La tripsina, a su vez, escinde todos los demás precursores de proteasas segregados por el páncreas, por lo que se logra una mezcla de enzimas que pueden digerir casi completamente la gran mayoría de las proteínas de la dieta.



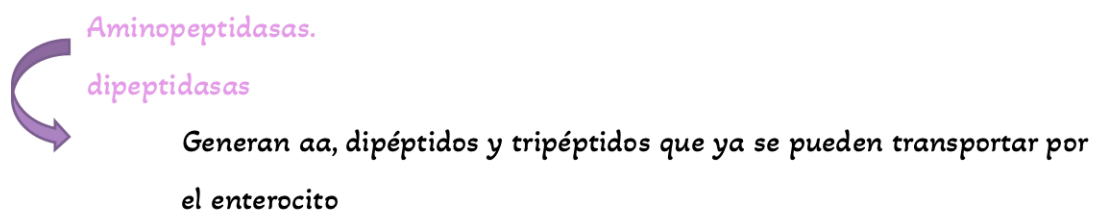
Así las proteasas pancreáticas o enz proteolíticas pancreáticas son la elastasa, tripsina, quimotripsina y carboxipolipeptidasas.

La **tripsina** y **quimotripsina** degradan las proteínas o péptidos pequeños sin llegar a liberar los aa

La **carboxipolipeptidasa** degrada péptidos en aa individuales

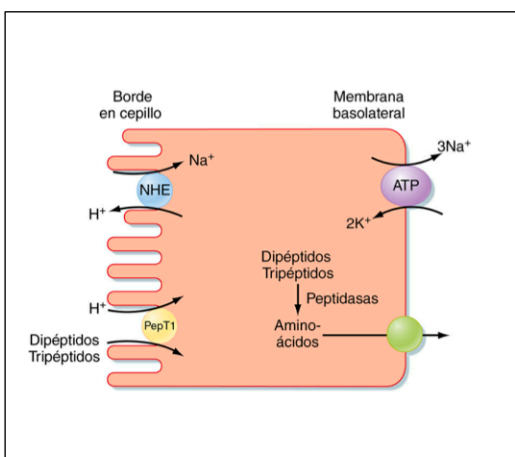
La **elastasa** digiere fibras de elastina que mantienen las estructuras cárnicas.

La fase final de la digestión de las proteínas tiene lugar posteriormente en el borde en cepillo. Los enterocitos maduros expresan diversas peptidasas en el borde en cepillo, como aminopeptidasas y carboxipeptidasas, que generan productos susceptibles de ser captados a través de la membrana apical:



Sin embargo, se debe tener en cuenta que incluso con la importante dotación de enzimas proteolíticas activas, algunos péptidos de la dieta son relativa o totalmente resistentes a la hidrólisis. Por suerte, el intestino puede captar péptidos cortos además de aminoácidos simples. La mayoría de los péptidos captados por el enterocito en forma intacta sufren después una fase final de digestión en el citosol de la célula para liberar los aminoácidos que la componen, para su uso en la célula o en cualquier otra parte del organismo. Sin embargo, también se pueden transportar hacia la sangre algunos dipéptidos y tripéptidos en su forma intacta.

Por lo tanto en el interior de los enterocitos existen también **peptidasas** que generan aa de los dipépticos y tripéptidos absorbidos.



tes-Dra Calvo

RESUMEN DE LA DIGESTION DE PROTEINAS:

20% DE LA DIGESTION EN ESTOMAGO

PEPSINA

mayor actividad ph 2-3, se inactiva ph 5,

80% ID YEYUNO/DUODENO

○ PROTEASA PANCREATICAS:

- TRIPSINA
- QUIMOTRIPSINA
- CARBOXIPOLIPECTIDASAS
- ELASTASA

○ ENTEROCITOS:

- AMINOPOLIPEPTIDASAS
- DIPEPTIDASAS

○ PEPTIDASAS INTRACITOSOL

DIGESTION DE LAS GRASAS

Las grasas más abundantes son los TG (compuestos por 3 moléculas de ac grasos y una de glicerol)

Otras grasas son los fosfolípidos, colesterol, ésteres de colesterol..

Empieza en la boca con la lipasa lingual (segregada por las glándulas linguales)

También en el estómago se segrega la lipasa gástrica secretada por las células principales. Pero ambas digieren menos del 10% de los TG por lo que la mayor hidrólisis de las grasas es en el ID.

En el estómago, con el movimiento peristáltico se mezcla la grasa y se inicia una leve emulsión de la grasa, es decir se inicia la reducción del tamaño de los glóbulos grasos. la lipólisis gástrica es prescindible en personas sanas debido al importante exceso de enzimas pancreáticas. La mayor parte de la lipólisis tiene lugar en el intestino delgado en situaciones de salud.

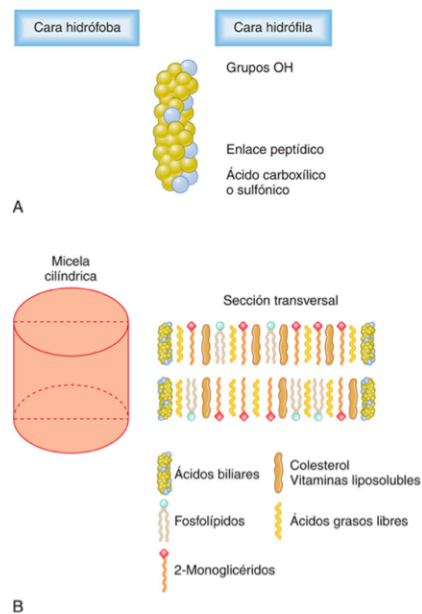
ID: en el ID se segrega la bilis que es la que realmente emulsiona las grasas.

Los glóbulos de grasa son liposolubles, hidrofóbicos, y la lipasa es hidrosoluble con lo que no podría actuar.

Así las sales biliares se adhieren a la grasa y no permiten que se vuelvan a unir, con esto se logra partículas grasas más pequeñas, más diminutas.

Las sales biliares también tienen una parte hidrofóbica y otra hidrofílica (son anfipáticos).

La parte hidrofóbica se une a la grasa y la parte hidrofílica hace que se mezcle con líquidos intestinales.



Así se aumenta la superficie expuesta de grasa y así la lipasa puede hidrolizar.

Diciendo de otro modo, las sales biliares hacen

-acción emulsificadora o detergente: realizan la emulsión de las grasas disminuyendo la tensión superficial y favorece la fragmentación en tamaños menores

-hacen que las grasas sean solubles a la lipasa y así sean hidrolizadas por esta enzima al quedar la parte hidrofílica fuera y la parte hidrofóbica dentro → formando las micelas. Permite, por tanto, que el glóbulo de la micela se disuelva en el agua de los líquidos digestivos y persista en solución estable.

- Las sales biliares forman las micelas que rodean a las grasas ya digeridas por la lipasa en ac grasos y monoglicéridos.

Cada molécula de sal biliar tiene un núcleo liposoluble y un grupo polar hidrosoluble (parte externa).

Las micelas de sales biliares también actúan como medio de transporte de los monoglicéridos y ac grasos libres (previa acción de la lipasa) y así se absorben → es la función de transbordador

La **lipasa** es la enz más importante para la digestión de los TG.

Los **enterocitos** también generan **lipasa** pero es muy pequeña cantidad y su eficacia es mínima.

La lipasa actúa en los TG y genera 2 monoglicéridos y ac grasos.

Las micelas de sales biliares, por lo tanto, actúan como transporte de los monoglicéridos y los ac grasos libres que de otra manera serían insolubles, los llevan al reborde en cepillo de las células epiteliales..ahí se absorben los monoglicéridos y los ac grasos libres. Una vez que las sales biliares han descargado estas sustancias en el borde en cepillo, quedan libres de nuevo para emplearse otra vez con más grasa.

La secreción pancreática también contiene dos enzimas adicionales que son importantes para la digestión de la grasa. La primera es la **fosfolipasa A2**, que hidroliza los fosfolípidos presentes en las membranas plasmáticas. Es previsible que esta enzima sea bastante tóxica en ausencia de sustratos procedentes de la dieta, por lo que es segregada como precursor inactivo, que solo se activa cuando alcanza el intestino delgado. Además, la secreción pancreática contiene una **esterasa de colesterol** relativamente inespecífica que puede romper ésteres de colesterol, como su nombre indica, así como ésteres de vitaminas liposolubles e incluso triglicéridos.

Luego las micelas de sales biliares hacen el mismo papel transportador trasportando los ac grasos de la digestión de los ésteres de colesterol y de los fosfolípidos y también hacen el mismo papel en el colesterol libre siendo necesarias las micelas para su absorción.

A recordar que las sales biliares hacen dos grandes funciones:

-emulsionan

-función de transporte

las vitaminas liposolubles y el colesterol son prácticamente insolubles en agua y, por tanto, requieren micelas para ser absorbidos, incluso después de que hayan sido digeridos. Por tanto, si las concentraciones lumenales de ácidos biliares disminuyen por debajo de la concentración micelar crítica, los pacientes pueden presentar déficits de vitaminas liposolubles.

Los lípidos también difieren de los hidratos de carbono y de las proteínas por su destino tras la absorción por el enterocito. A diferencia de los monosacáridos y los aminoácidos, que abandonan el enterocito en forma molecular y entran en la circulación portal, los productos de la lipólisis son reesterificados en el enterocito para formar triglicéridos,

fosfolípidos y ésteres de colesterol. Estas actividades metabólicas tienen lugar en el retículo endoplasmático liso. Al mismo tiempo, el enterocito sintetiza una serie de proteínas, conocidas como **apolipoproteínas**, en el retículo endoplasmático rugoso. Estas proteínas se combinan después con los lípidos resintetizados para formar una estructura conocida como **quilomicrón**, que consiste en un núcleo lipídico (predominantemente, triglicéridos con una cantidad mucho menor de colesterol, fosfolípidos y ésteres de vitaminas liposolubles) cubierto por las apolipoproteínas. Los quilomicrones salen después del enterocito mediante un proceso de exocitosis. Sin embargo, al entrar en la lámina propia son demasiado grandes para atravesar los espacios intercelulares de los capilares mucosos. En su lugar, son transportados hacia los vasos linfáticos de la lámina propia y de esta forma evitan la circulación portal y, por lo menos en su primer paso, el hígado. Finalmente, los quilomicrones de la linfa entran en la corriente sanguínea a través del conducto torácico y posteriormente sirven como vehículo para transportar los lípidos por el organismo para su uso por las células de otros órganos. La única excepción a este transporte mediado por quilomicrones son los ácidos grasos de cadena intermedia, que son relativamente hidrosolubles y también pueden atravesar las uniones intercelulares herméticas de los enterocitos de forma considerable, lo cual significa que evitan los pasos de procesamiento intracelular descritos previamente y no son empaquetados en forma de quilomicrones. Por tanto, entran en la circulación portal y están más fácilmente disponibles para otros tejidos. Una dieta rica en triglicéridos de cadena media puede ser especialmente beneficiosa en los pacientes con reservas inadecuadas de ácidos biliares.

CUADRO 318-3 Comparación de los diferentes tipos de ácidos grasos			
	CADENA LARGA	CADENA MEDIA	CADENA CORTA
Longitud de la cadena de carbonos	>12	8-12	<8
Presentes en la dieta	En grandes cantidades	En pequeñas cantidades	No
Origen	En la dieta como triglicéridos	Sólo en pequeñas cantidades en la dieta como triglicéridos	Degradación bacteriana en el colon de hidratos de carbono no absorbidos a ácidos grasos
Sitio principal de absorción	Intestino delgado	Intestino delgado	Colon
Requiere lipólisis pancreática	Sí	No	No
Requiere formación de micelas	Sí	No	No
Presencia en las heces	Mínima	No	Importante

Absorción de HC

Prácticamente todos los HC se absorben en forma de monosacáridos, sólo el 1% son disacáridos. El 80% es en forma de glucosa y el 20% en forma de galactosa y fructosa. Cuando el Na difunde al interior de la célula arrastra a la glucosa y a la galactosa, se absorben estos dos HC en cotransporte con el Na. La energía proporcionada para el transporte de estos dos monosacáridos es proporcionada por el sistema de transporte del sodio.

La fructosa tiene una proteína transportadora

Absorción de proteínas

La mayoría de las proteínas se absorben en forma de aa. Pero también se absorben pequeñas cantidades de dipéptidos y tripéptidos. Se absorben en su mayoría en el duodeno y en el yeyuno.

La mayoría de los aa se absorben en forma de cotransporte con el Na con gasto de ATP y una minoría lo hace mediante una proteína transportadora independiente del Na

Absorción de grasas

Las grasas se absorben mediante las micelas, los ac grasos y los monoglicéridos difunden a través de la membrana epitelial al ser liposolubles tanto a estas membranas como en el interior de las micelas.

Una vez que atraviesan las células epiteliales las micelas vuelven otra vez al quimo y vuelven a remolcar o transportar más moléculas de grasa.

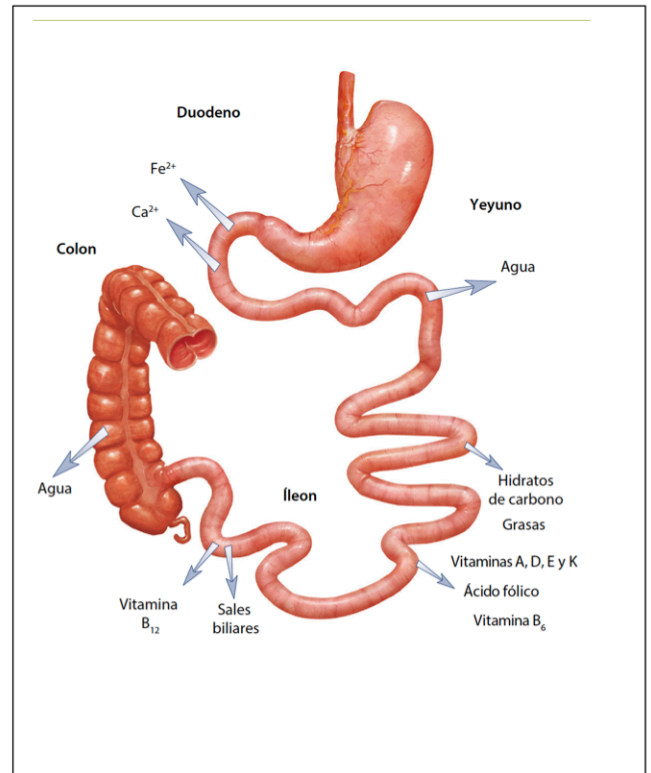
Así se absorben el 97% de las grasas.

La grasa absorbida va al retículo endoplásmico liso y ahí se forman los quilomicrones que se unen a una proteína apoproteína: 87% TG, 9% fosfolípidos, 3% colesterol y apoproteína B. Estos quilomicrones van a los conductos linfáticos.

Los TG de cadena corta son más hidrosolubles y van directamente a la circulación portal.

Principio inmediato/oligoelemento	Digestión	Producto de la digestión	Absorción
Triglicéridos (grasas)	<ul style="list-style-type: none"> Lipasa gástrica (estómago) Sales biliares (duodeno) Lipasa pancreática (duodeno) 	Ácidos grasos libres y monoglicéridos	Intestino proximal
Hidratos de carbono	<ul style="list-style-type: none"> Amilasa salival (boca) Amilasa pancreática (duodeno) Disacaridasas (enterocito) 	Monosacáridos	Intestino proximal y medio
Proteínas	<ul style="list-style-type: none"> Pepsina (estómago) Proteasas pancreáticas (duodeno) Peptidasas (enterocito) 	Aminoácidos	Intestino medio
Calcio	-	-	Duodeno (transporte activo dependiente de vit. D)
Hierro (forma ferrosa)	-	-	Duodeno
Vitaminas liposolubles (A, D, E, K)	-	-	Intestino medio (requieren sales biliares)

Tabla 1. Digestión y absorción de los principios inmediatos y oligoelementos



ABSORCION DE AGUA Y ELECTROLITOS

Ingerimos aprox 1.5l de líquidos, secretamos 7.5 l de contenido líquido por las secreciones gastrointestinales.

Todo se absorbe en el ID y al colon llegan 1,5l de los cuales se van a absorber porque en heces la cantidad de líquido es de 100ml aproximadamente.

La cavidad gástrica no está preparada para la absorción porque las uniones entre las células epiteliales son firmes. Sólo algunas sustancias como el alcohol o determinados fármacos pueden absorberse en pequeñas cantidades al ser muy liposolubles.

Superficie de absorción:

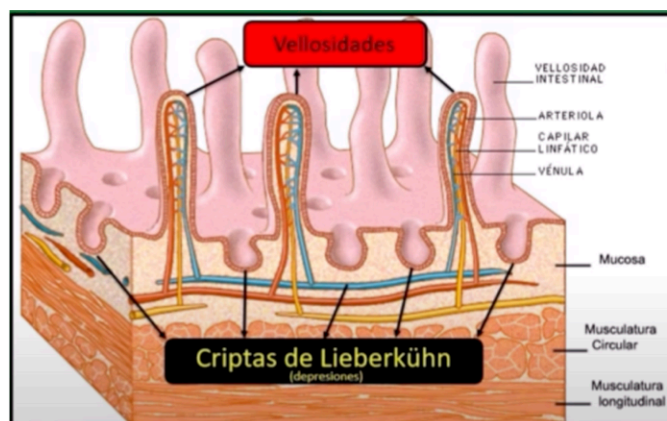
Las válvulas conniventes o pliegues de Kreckring triplican la superficie de absorción del ID, las vellosidades con sus criptas de Lieberkühn multiplican por 10 la superficie de absorción.

Las células de las vellosidades tienen el ribete en cepillo (microvellosidades) aumentan 20 veces la superficie de absorción.

De esta forma, sumando las

válvulas conniventes,
las vellosidades y
las microvellosidades

aumentan la superficie de absorción 600 veces teniendo una superficie de absorción de unos 250m² en todo el ID

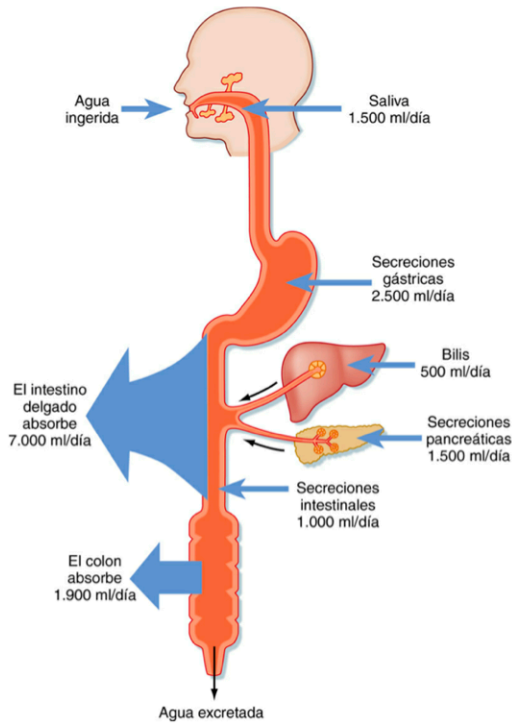


La absorción en el ID es de varios centenares de HC, 100 o más gr de grasa, 50 a 100 grs de aa y 7 a 8L de agua pero puede aumentar a varios kg de HC, 500 a 100grs de grasa, 500 a 700gr de aa y mas de 20l de agua. El colon puede absorber todavía más agua e iones pero no nutrientes

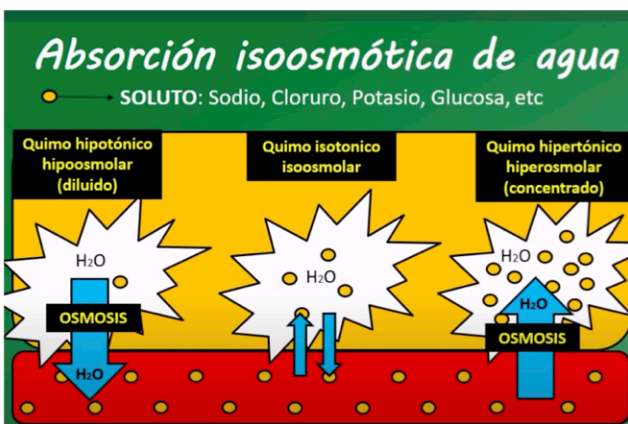
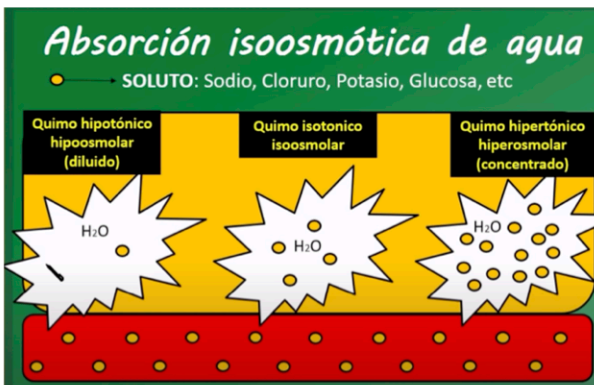
○ Absorción de agua

La absorción de agua se lleva a cabo a través del mecanismo llamado ósmosis.

Ósmosis es la difusión de agua, es el paso de solventes a través de una membrana selectiva, desde un medio de menor concentración a otro de mayor concentración de soluto.



La fluidez del contenido intestinal, especialmente en el intestino delgado, es importante para permitir que los alimentos sean propulsados a lo largo del intestino y que los nutrientes digeridos puedan difundir hacia su lugar de absorción. Parte de este líquido procede de la ingesta oral, pero en la mayoría de los adultos esta parte consiste en aproximadamente solo 1 o 2 l/día procedentes de los alimentos sólidos y líquidos. El estómago y el intestino delgado aportan líquido adicional por sí mismos, así como los órganos que drenan al aparato digestivo. En total, estas secreciones añaden otros 8 l, lo cual significa que se **presentan al intestino aproximadamente 9 a 10 l de líquido diariamente**. Sin embargo, en una persona sana solo aproximadamente 2 l de esta carga pasan al colon para ser reabsorbidos, y **finalmente solo se expulsan con las heces de 100 a 200 ml**. Por tanto, el intestino absorbe agua en general. Durante el período posprandial, en el intestino delgado se promueve dicha absorción predominantemente a través de los efectos osmóticos de la absorción de los nutrientes. Se establece un gradiente osmótico a través del epitelio intestinal que impulsa simultáneamente el movimiento del agua a través de las uniones intercelulares herméticas.



los laxantes osmóticos, aumentan la ósmosis en la luz intestinal y arrastran agua del sistema vascular a la luz intestinal. De ahí que se llamen laxantes osmóticos

Absorción de iones

Transporte de sodio

Una persona ingiere unos 5 a 8grs de Na al día y se secretan de 20 a 30grs de sodio diariamente con las secreciones. Combinando ambos el intestino debe absorber al día de 25 a 35grs de sodio al día. Normalmente el Na se excreta y se absorbe constantemente (sólo se excreta en heces un 1miliivalent/día) salvo en situaciones patológicas por ejm diarreas secretoras en las que se perdería mucho Na.

El sodio es transportado activamente desde el interior de las células epiteliales del intestino, a través de las paredes basal y lateral (membrana basolateral), hacia los espacios paracelulares así se reduce la concentración intracelular de sodio.

Esta baja concentración de sodio proporciona un gradiente electroquímico abrupto para el desplazamiento del sodio desde el quimo hacia el citoplasma de la

célula epitelial a través del borde en cepillo. El gradiente osmótico creado por la alta concentración de iones en los espacios paracelulares hace que el agua se desplace por ósmosis a través de las uniones estrechas entre los bordes apicales de las células epiteliales y, por último, hasta la sangre circulante de las vellosidades.

La aldosterona potencia mucho la absorción de sodio La deshidratación lleva a un aumento de la secreción de aldosterona por las glándulas suprarrenales, la cual potencia mucho la absorción de sodio por las células del epitelio intestinal. Esta mayor absorción de sodio origina una mayor absorción secundaria de iones cloruro, agua y otras sustancias.

El transporte de Na requiere de un transporte activo, a través de la ATPasa situada en la membrana de las células epiteliales y se lleva a cabo el transporte a nivel de los espacios intercelulares.

De esta manera la bomba ATPasa elimina 3 Na⁺ al intersticio y mete 2K⁺ a la célula. Este transporte activo de Na reduce su concentración en la célula a un valor bajo, cerca de 50meq/L mientras en el quimo es de unos 142meq/L. Esto hace que el Na se desplace por absorción pasiva desde el quimo hasta la célula a través del borde en cepillo.

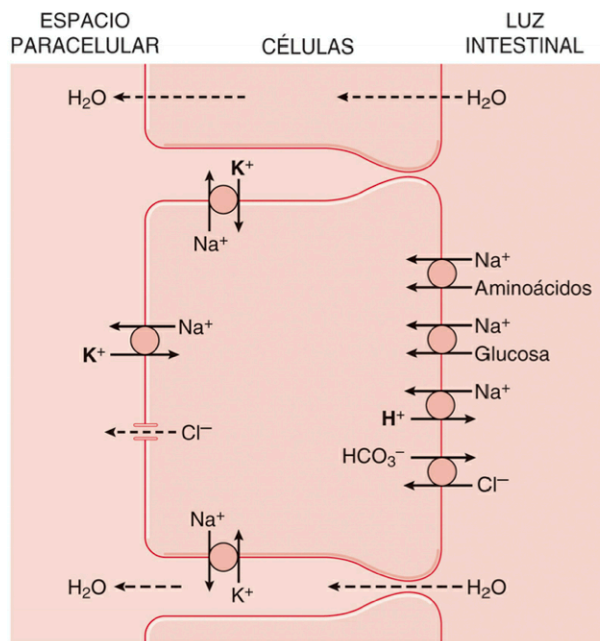


FIGURA 66-1 Absorción de sodio, cloruro, glucosa y aminoácidos a través del epitelio intestinal. Obsérvese también la absorción osmótica de agua (es decir, el agua «sigue» al sodio a través de la membrana epitelial).

Absorción de calcio: se da en el duodeno por mecanismo de absorción activa estimulada por la Vit D y la PTH

La **absorción de Fe** también se absorbe de forma activa y se une a la apoproteína obteniendo transferrina (proteína transportadora de Fe)

La absorción del hierro ocurre en el duodeno y yeyuno superior del sistema gastrointestinal. En el estómago, si bien no se produce la absorción de este elemento, el mismo contribuye a dicho proceso, a través de la secreción de ácido clorhídrico y enzimas, que ayudan no solo a liberar al hierro de la matriz alimentaria sino también a solubilizarlo, ya que el ácido clorhídrico favorece la reducción de este catión a la forma ferrosa que es la forma en que se absorbe.

El hierro se presenta en la naturaleza como: hierro hemínico y hierro no hemínico. El hierro hemínico forma parte exclusivamente de alimentos de origen animal, ya sea como hemoglobina y/o mioglobina.

El hierro no hemínico se encuentra principalmente en los alimentos de origen vegetal y su absorción está determinada por múltiples factores dietarios que favorecen o impiden su solubilidad. El hierro no hemínico requiere de un pH ácido para reducirse y pasar de Fe III a Fe II; la forma ferrosa se puede unir a complejos de bajo peso molecular que son solubles. Existen diferentes compuestos que contribuyen a estabilizar el Fe II, como el ácido

clorhídrico, los ácidos orgánicos de los alimentos (ascórbico principalmente) y algunos aminoácidos (cisteína, principalmente). Por el contrario, otros compuestos presentes en los alimentos más bien dificultan su absorción. Entre estos se encuentran: los oxalatos, fitatos, taninos y algunos nutrientes inorgánicos como calcio y aluminio.

El hierro debe ser reducido a Fe II para que pueda ser absorbido en el intestino. Para dicha reducción, el pH ácido del estómago es indispensable. En enfermedades donde se produzca hipoclorhidria o aclorhidria, la posibilidad de reducción del hierro está muy disminuida. Un ejemplo serían los medicamentos inhibidores de bomba y un ejemplo extremo sería la gastrectomía. Los antiácidos también contribuyen a reducir el pH del estómago.

El K, magnesio y fósforo también se absorbe por mecanismo activo

- **Absorción en el colon**

Pasan 1500ml de líquido y en el colon se absorben muchos electrolitos y agua, desechando tan sólo 100ml de líquido en el contenido fecal.

La mayor cantidad de líquidos se absorben en el hemicolon derecho o colon absorbente.

Los electrolitos también se absorben dejando sólo en heces sodio y cloro 1 a 5 miliequivalentes.

En el colon, como el ID, absorbe activamente Na que arrastra cloruro por el potencial eléctrico creado y para compensar se secreta en el colon de forma activa iones bicarbonato y K. El bicarbonato ayuda a neutralizar productos ácidos terminales de la acción bacteriana del colon.

El agua se absorbe por el mismo mecanismo, por ósmosis junto con el Na, por mecanismo de arrastre.

En el colon la actividad bacteriana ayuda a sintetizar vit K, B₁₂, B₁, B₂ y también generan gases: hidrógeno, metano y dióxido de carbono, la llamada flatulencia cólica.

La vit K es importante porque no es suficiente la que se absorbe con los alimentos para asegurar una coagulación normal.

El intestino grueso puede absorber alrededor de 5 a 8 l de líquidos y electrolitos, como máximo, al día. Cuando la cantidad total que entra en el intestino grueso a través de la válvula ileocecal o por la secreción del colon excede esta capacidad absorptiva máxima, el exceso se manifiesta en las heces en forma de diarrea.

Las heces se componen:

-75% de agua

-el 25% de materia sólida ----→

La materia sólida de las heces está compuesta por un 30% de bacterias muertas, un 10 a 20% de grasas, un 10 a 20% de materia inorgánica, un 2 a 3% de proteínas y un 30% de residuos alimentarios no digeridos y componentes desecados de los jugos digestivos, como pigmentos biliares y células epiteliales descamadas.

El color pardo de las heces se debe a la estercobilina y la urobilina, derivados de la bilirrubina.

El olor es producido fundamentalmente por el indol, el escatol, el mercaptano, el metano y el ácido sulfhídrico.

ABSORCION DE VITAMINAS

Las vitaminas son sustancias orgánicas que se hallan en pequeñas cantidades en los alimentos naturales y no pueden ser sintetizadas en el cuerpo humano, siendo indispensables para el desarrollo, mantenimiento y el buen funcionamiento del organismo. Estas moléculas orgánicas se clasifican de acuerdo a la capacidad de solubilidad en: vitaminas hidrosolubles y vitaminas liposolubles.¹

Al grupo de las **vitaminas liposolubles** pertenecen las vitaminas A, D, E y K, que requieren la presencia de grasas y aceites para ser disueltas, se almacenan fácilmente en el organismo, por lo tanto no demandan un consumo tan frecuente de los alimentos que las contienen.

Por otra parte, las vitaminas hidrosolubles se disuelven en agua, y son las vitaminas del complejo B y la vitamina C, estas no se almacenan de forma considerable en el organismo, por lo tanto, la alimentación debe cubrir estos requerimientos vitamínicos diariamente.

Las **vitaminas hidrosolubles** son sustancias solubles en agua que son absorbidas en el intestino y posteriormente transportadas a los tejidos por medio del sistema circulatorio, excretándose principalmente por la orina.

En este grupo de vitaminas se describen las del complejo B (B1 o tiamina, B2 o riovflavina, B3 o niacina, B6 o piridoxina, B9 o ácido fólico y B12 o cobalamina) y la vitamina C o ácido ascórbico.

Estas vitaminas se pueden encontrar en diferentes alimentos tanto de origen animal como vegetal. Su ingesta diaria tiene una gran importancia ya que el organismo, por sí solo no las sintetiza, por lo que las reservas que existen en el cuerpo son poco significativas

VITAMINAS HIDROSOLUBLES

1. Complejo vitamínico B. Este complejo es el conjunto de vitaminas de tipo B, son solubles en agua y son importantes para el metabolismo de hidratos de carbono.

a) Vitamina B1.

La tiamina se encuentra en gran cantidad, en alimentos como el cerdo, carnes magras, vísceras, huevos, vegetales de hoja verde, cereales, frutos secos y legumbres.

La deficiencia de vitamina B1 puede ocasionar beriberi, esta enfermedad presenta un cuadro clínico de neuritis, atrofia muscular, deficiencia en la coordinación de movimientos pudiendo llegar a una parálisis e incluso la muerte por insuficiencia cardiaca.

El exceso del consumo de alimentos que contienen esta vitamina no suele ser tóxico.

b) Vitamina B2. También se denomina riboflavina o lactoflavina. Interviene como coenzima en el metabolismo de proteínas, grasas e hidratos de carbono y se encarga del mantenimiento de las membranas mucosas.

Esta vitamina se obtiene de alimentos como la carne, la leche, el hígado, verduras verdes, cereales, fideo y pan. Su insuficiencia puede ocasionar lesiones en la piel y en las membranas mucosas, además de fotofobia. Un consumo excesivo generalmente es atóxico.

c) Vitamina B3. Conocida también como nicotinamida, niacina o vitamina PP. Es una sustancia que actúa como coenzima para liberar la energía que se obtiene de los alimentos.

La niacina se obtiene de alimentos como el hígado, pollo, carne, pescado, cereales y frutos secos.

El déficit de vitamina B3 puede llegar a producir pelagra, enfermedad que inicia con síntomas de debilidad, falta de sueño y pérdida de peso, afecta a la piel y se manifiesta con la aparición de áreas rojizas, ásperas y escamosas muy parecidas a las quemaduras por exposición solar, existe una pérdida de apetito, mala digestión y diarrea, además

produce problemas en el sistema nervioso como cefalea, trastornos mentales, algias y temblores musculares, pudiendo llevar a la muerte.

d) Vitamina B6. Su otro nombre es piridoxina tiene un papel importante en el metabolismo de las proteínas, carbohidratos y lípidos; es de utilidad en la degradación del colesterol y formación de anticuerpos. Se obtiene de los cereales, granos enteros, hígado, vegetales verdes como la espinaca, pan, plátano. Su deficiencia ocasiona problemas en la piel, queilitis angular, convulsiones, náuseas, mareos y anemia. Un exceso de vitamina B6 parece ser atóxico .

e) Vitamina B9. Es más conocida como ácido fólico, pero también recibe otras denominaciones como folato. La principal labor de esta vitamina es actuar como coenzima en el transporte de fragmentos simples de carbono, además de participar en la síntesis de bases nitrogenadas (guanina, adenina, pirimidina, timina) esenciales para la división celular.

La vitamina B9, como componente natural de los alimentos se denomina folato y cuando se obtiene artificialmente recibe el nombre de ácido fólico. La fuente alimentaria principal de la que proviene esta vitamina es de carnes, hígado, huevos, leche, semillas de sésamo, cereales integrales y verduras de hojas verdes.

El ácido fólico se almacena en el hígado y los requerimientos nutricionales diarios no son tan considerables (400mcg.).

f) Vitamina B12. Es conocida como cobalamina (por la estructura química que presenta consistente en un anillo porfirínico unido a un átomo de cobalto); además tiene otros sinónimos como factor extrínseco de Castle y factor antianemia perniciosa.

Esta vitamina es muy importante para la formación de glóbulos rojos y el buen funcionamiento del sistema nervioso. Sólo se obtiene de alimentos de origen animal como vísceras (hígado, riñones y corazón) de ovinos y bovinos, carne de res, pescados, mariscos, leche y huevos.

Los requerimientos diarios de vitamina B₁₂ son mínimos y oscilan alrededor de los 2 mg.

La ingesta insuficiente de cobalamina produce anemia perniciosa, que se caracteriza por la pérdida del epitelio digestivo, defectos en la síntesis de mielina y una deficiente producción de hematíes. Por lo general las personas que presentan déficit de esta vitamina son los vegetarianos.

2. Vitamina C. o ácido ascórbico. Es un nutriente esencial para la síntesis de colágeno del tejido conectivo, ayuda en la absorción de hierro proveniente de alimentos de origen animal, interviene en el metabolismo de las proteínas y tiene una función antioxidante y cicatrizante.

La vitamina C se encuentra en frutas cítricas (naranja, pomelo, fresas, piña, etc.), así mismo en el brócoli, espinaca, repollo, pimientos verdes, col y tomates.

La ingesta recomendada de esta vitamina es de 75 a 90 mg/día y su deficiencia prolongada podría ocasionar escorbuto, cuyo cuadro clínico denota gingivitis, dolor e inflamación de articulaciones, debilidad muscular, fragilidad de los vasos capilares, microhemorragias, por consiguiente anemia y podría tener consecuencias mortales si el requerimiento vitamínico no es compensado.^{4,5,10}

METABOLISMO Y ABSORCIÓN de las Vitaminas Hidrosolubles

La tiamina (B₁) es absorbida a nivel del intestino delgado mediante un proceso de transporte activo cuando la ingesta es mínima, por el contrario cuando el consumo de alimentos que contienen esta vitamina es mayor, la absorción se produce por transporte pasivo.

La vitamina B₂ generalmente se absorbe en el intestino delgado proximal, mediante un transporte activo

La vitamina B₃ se absorbe con mucha facilidad en todo el tracto intestinal, se almacena en el hígado.

La vitamina B₆ o piridoxina se absorbe de manera rápida en la mucosa intestinal del yeyuno mediante transporte activo

El ácido fólico o vitamina B₉ en los alimentos se halla en forma de poliglutamatos, por ello debe hidrolizarse hasta convertirse en una forma monoglutámica. El folato se absorbe en el yeyuno proximal y en menor proporción en el yeyuno distal.

La cobalamina se absorbe en el íleon.

La vitamina C se absorbe sin dificultad en el yeyuno

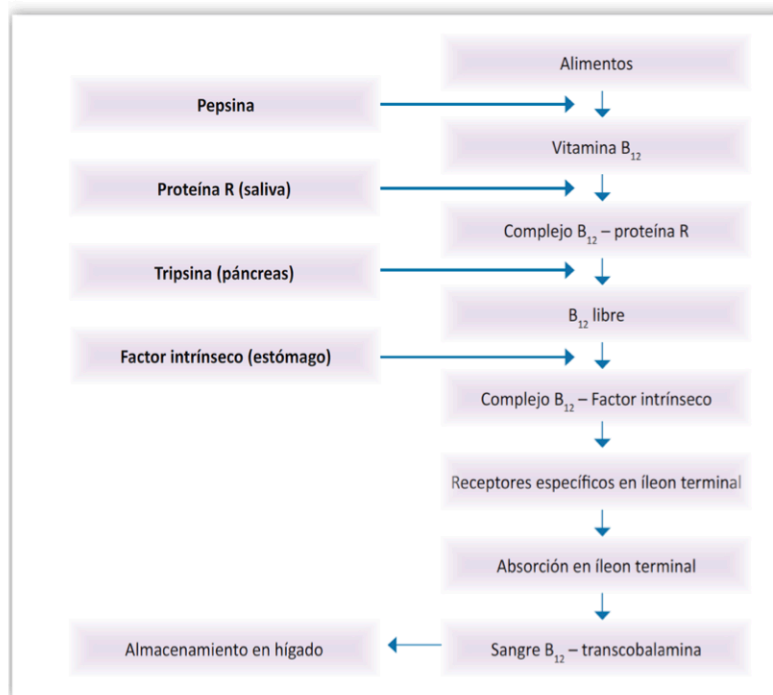


Figura 2. Absorción de la vitamina B₁₂.

BIBLIOGRAFIA:

- Tratado de Fisiología. Guyton. 14^o Edición.
- Fisiología. Berne y Levy. 7^o edición.
- Libro de Medicina Interna. Farreras Rozman. 19^o Edición.
- Principios de Medicina Interna. Harrison. 20^o Edición
- Canal you-tube . Medizi
- Tratamiento de las enfermedades gastroenterológicas. AEG. 3a edición.
- Gastroenterología y hepatología. Problemas comunes en la práctica clínica. AEG. 2^o edición.
- Tratamiento de las enfermedades Gastroenterologicas. 4^o edición. AEG.
- Programa de Enseñanza Universitaria de Grado de la Medicina del Aparato Digestivo. SEPD.