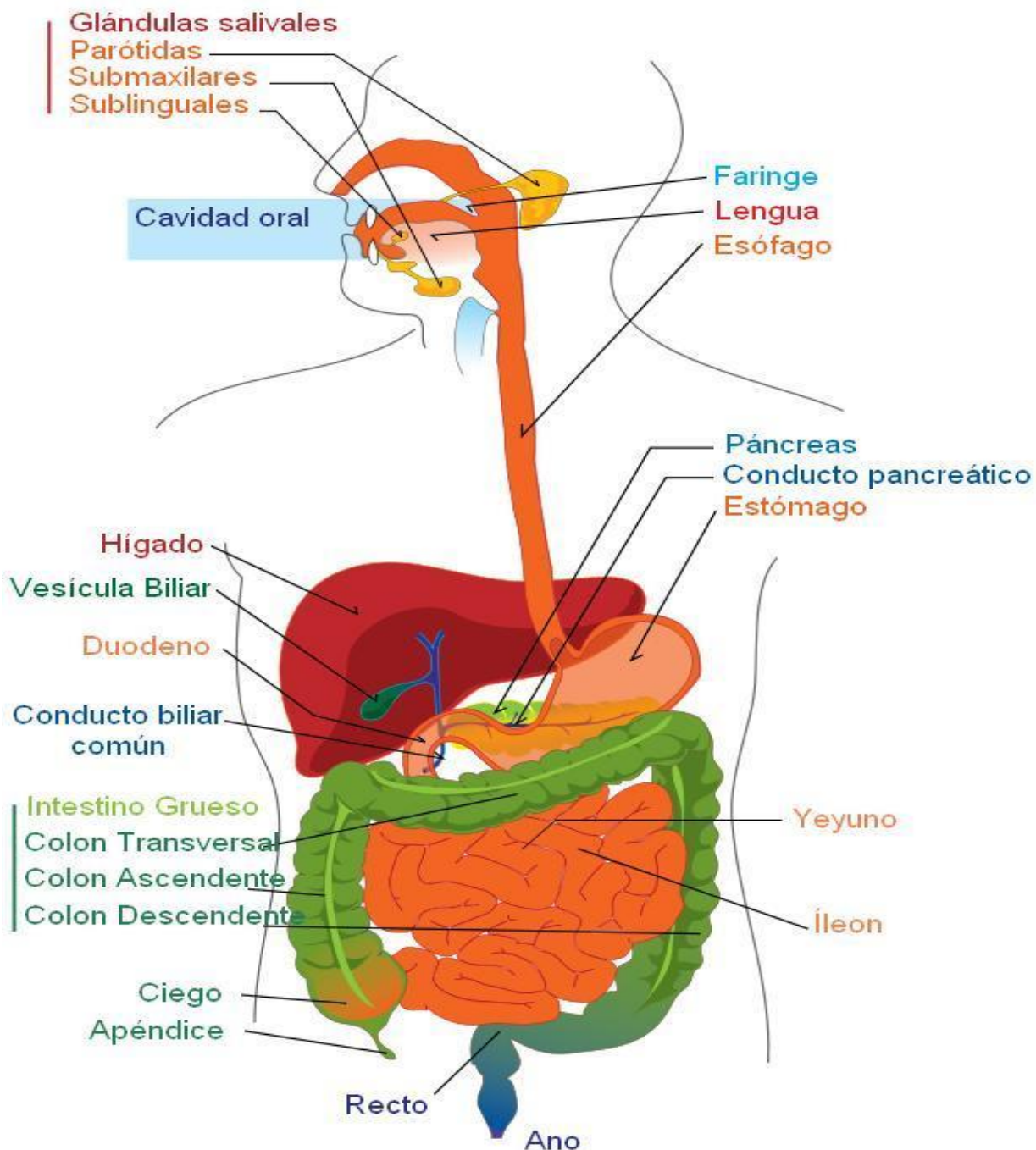


APARATO DIGESTIVO y NUTRICIÓN



Función

- Ingestión
- Digestión
- Absorción
- Excreción

Estructuras básicas

- boca
- faringe
- esófago
- estómago
- intestino delgado
- intestino grueso

El **aparato digestivo** es el conjunto de órganos (boca, faringe, esófago, estómago, intestino delgado e intestino grueso) encargados del proceso de la digestión, es decir, la transformación de los alimentos para que puedan ser absorbidos y utilizados por las células del organismo.

La función que realiza es la de transporte (alimentos), secreción (jugos digestivos), absorción (nutrientes) y excreción (mediante el proceso de defecación).

El proceso de la digestión es el mismo en todos los animales monogástricos: transformar los glúcidos, lípidos y proteínas en unidades más sencillas, gracias a las enzimas digestivas, para que puedan ser absorbidas y transportadas por la sangre.

Descripción y funciones

El aparato digestivo es un largo tubo, con importantes glándulas asociadas, se encarga de transformar los alimentos en sustancias simples y fácilmente utilizables por el organismo. Desde la boca hasta el ano, el tubo digestivo mide unos once metros de longitud. En la boca ya empieza propiamente la digestión. Los dientes trituran los alimentos y las secreciones de las glándulas salivales los humedecen e inician su descomposición química. Luego, el bolo alimenticio cruza la faringe, sigue por el esófago y llega al estómago, una bolsa muscular de litro y medio de capacidad, en condiciones normales, cuya mucosa segrega el potente jugo gástrico, en el estómago, el alimento es agitado hasta convertirse en el quimo.

A la salida del estómago, el tubo digestivo se prolonga con el intestino delgado, de unos cinco metros de largo, aunque muy replegado sobre sí mismo. En su primera porción o duodeno recibe secreciones de las glándulas intestinales, la bilis y los jugos del páncreas. Todas estas secreciones contienen una gran cantidad de enzimas que degradan los alimentos y los transforman en sustancias solubles simples.

El tubo digestivo continúa por el intestino grueso, de algo más de metro y medio de longitud. Su porción final es el recto, que termina en el ano, por donde se evacúan al exterior los restos indigeribles de los alimentos.

Estructura del tubo digestivo

El **tubo digestivo**, es un órgano llamado también **conducto alimentario** o **tracto gastrointestinal** presenta una sistematización prototípica, comienza en la boca y se extiende hasta el ano. Su longitud en el hombre es de 10 a 12 metros, siendo seis o siete veces la longitud total del cuerpo.

En su trayecto a lo largo del tronco del cuerpo, discurre por delante de la columna vertebral. Comienza en la cara, desciende luego por el cuello, atraviesa las tres grandes cavidades del cuerpo: torácica, abdominal y pélvica. En el cuello está en relación con el conducto respiratorio, en el tórax se sitúa en el mediastino posterior entre los dos pulmones y el corazón, y en el abdomen y pelvis se relaciona con los diferentes órganos del aparato genitourinario.

El tubo digestivo procede embriológicamente del endodermo, al igual que el aparato respiratorio. El tubo digestivo y las glándulas anexas (glándulas salivales, hígado y páncreas), forman el aparato digestivo. Histológicamente está formado por cuatro capas concéntricas que son de adentro hacia afuera:

Capa interna o mucosa (donde pueden encontrarse glándulas secretoras de moco y HCl vasos linfáticos y algunos nódulos linfoides). Incluye una **capa muscular interna** o **muscularis mucosae** compuesta de una capa circular interna y una longitudinal externa de músculo liso.

Capa submucosa compuesta de tejido conectivo denso irregular fibroelástico. La capa submucosa contiene el llamado plexo submucoso de Meissner, que es un componente del sistema nervioso entérico y controla la motilidad de la mucosa y en menor grado la de la submucosa, y las actividades secretoras de las glándulas.

Capa muscular externa compuesta, al igual que la muscularis mucosae, por una capa circular interna y otra longitudinal externa de músculo liso (excepto en el esófago, donde hay músculo estriado). Esta capa muscular tiene a su cargo los movimientos peristálticos que desplazan el contenido de la luz a lo largo del tubo digestivo. Entre sus dos capas se encuentra otro componente del sistema nervioso entérico, el plexo mientérico de Auerbach, que regula la actividad de esta capa.

Capa serosa o adventicia. Se denomina según la región del tubo digestivo que reviste, como serosa si es intraperitoneal o adventicia si es retroperitoneal. La adventicia está conformada por un tejido conectivo laxo. La serosa aparece cuando el tubo digestivo ingresa al abdomen, y la adventicia pasa a ser reemplazada por el peritoneo.

Los plexos submucoso y mientérico constituyen el sistema nervioso entérico que se distribuye a lo largo de todo el tubo digestivo, desde el esófago hasta el ano. Por debajo del diafragma, existe una cuarta capa llamada serosa, formada por el peritoneo. El bolo alimenticio pasa a través del tubo digestivo y se desplaza así, con ayuda tanto de secreciones como de movimiento peristáltico que es la elongación o estiramiento de las fibras longitudinales y el movimiento para afuera y hacia adentro de las fibras circulares. A través de éstos el bolo alimenticio puede llegar a la válvula cardial que conecta directamente con el estómago. Si el nivel de corte es favorable, se puede ver los mesos. El peritoneo puede presentar

subserosa desarrollada, en especial en la zona del intestino grueso, donde aparecen los apéndices epiploicos.

Según el sector del tubo digestivo, la capa muscular de la mucosa puede tener sólo músculo longitudinal o longitudinal y circular. La mucosa puede presentar criptas y vellosidades, la submucosa puede presentar pliegues permanentes o pliegues funcionales. El pliegue funcional de la submucosa es posible de estirar, no así la válvula connivente.

El grosor de la pared cambia según el lugar anatómico, al igual que la superficie, que puede ser lisa o no. El epitelio que puede presentarse es un plano pluriestratificado no cornificado o un prismático simple con microvellosidades.

En las criptas de la mucosa desembocan glándulas. Éstas pueden ser de la mucosa o de la submucosa. En tanto, una vellosidad es el solevantamiento permanente de la mucosa. Si el pliegue es acompañado por la submucosa, entonces el pliegue es de la submucosa. El pliegue de la mucosa y submucosa es llamado válvula connivente o pliegue de Kerckring. La válvula connivente puede mantener la presencia de vellosidades. La válvula connivente es perpendicular al tubo digestivo, y solo se presenta en el intestino delgado.

Descripción anatómica

Esófago

El esófago es un conducto o músculo membranoso que se extiende desde la faringe hasta el estómago. De los incisivos al cardias (porción donde el esófago se continua con el estómago) hay unos 40 cm. El esófago empieza en el cuello, atraviesa todo el tórax y pasa al abdomen a través del orificio esofágico del diafragma. Habitualmente es una cavidad virtual. (Es decir que sus paredes se encuentran unidas y solo se abren cuando pasa el bolo alimenticio). El esófago alcanza a medir 25 cm y tiene una estructura formada por dos capas de músculos, que permiten la contracción y relajación en sentido descendente del esófago. Estas ondas reciben el nombre de movimientos peristálticos y son las que provocan el avance del alimento hacia el estómago. Es sólo una zona de paso del bolo alimenticio, y es la unión de distintos orificios, el bucal, el nasal, los oídos y la laringe.

Estómago

El estómago es un órgano en el que se acumula comida. Varía de forma según el estado de repleción (cantidad de contenido alimenticio presente en la cavidad gástrica) en que se halla, habitualmente tiene forma de J. Consta de varias partes que son: fundus, cuerpo, antro y píloro. Su borde menos extenso se denomina curvatura menor y la otra, curvatura mayor. El cardias es el límite entre el esófago y el estómago y el píloro es el límite entre estómago y el intestino delgado. En un individuo mide aproximadamente 25cm del cardias al píloro y el diámetro transversal es de 12cm.

Es el encargado de hacer la transformación química ya que los jugos gástricos transforman el bolo alimenticio que anteriormente había sido transformado mecánicamente (desde la boca).

En su interior encontramos principalmente dos tipos de células, las células parietales, las cuales secretan el ácido clorhídrico (HCL) y el factor intrínseco, una glucoproteína utilizada en la absorción de vitamina B12 en el intestino delgado; además contiene las células principales u Oxínticas las cuales secretan pepsinógeno, precursor enzimático que se activa con el HCL formando 3 pepsinas cada uno.

La secreción de jugo gástrico está regulada tanto por el sistema nervioso como el sistema endocrino, proceso en el que actúan: la gastrina, la colecistoquinina (CCK), la secretina y el péptido inhibidor gástrico (PIG).

En el Estomago se realiza la digestión de:

- Proteínas (principalmente pepsina).
- Lípidos.

NO ocurre la digestión de Carbohidratos.

Otras funciones del estomago son la **eliminación de la flora bacteriana que viene con los alimentos** por acción del ácido clorhídrico.

Intestino delgado

El intestino delgado se inicia en el duodeno (tras el píloro) y termina en la válvula ileocecal, por la que se une a la primera parte del intestino grueso. Su longitud es variable y su calibre disminuye progresivamente desde su origen hasta la válvula ileocecal y mide de 6 a 7 metros de longitud.

En el intestino delgado se absorben los nutrientes de los alimentos ya digeridos. El tubo está repleto de vellosidades que amplían la superficie de absorción.

El duodeno, que forma parte del intestino delgado, mide unos 25 - 30 cm de longitud; el intestino delgado consta de una parte próxima o yeyuno y una distal o íleon; el límite entre las dos porciones no es muy aparente. El duodeno se une al yeyuno después de los 30cm a partir del píloro.

El yeyuno-íleon es una parte del intestino delgado que se caracteriza por presentar unos extremos relativamente fijos: El primero que se origina en el duodeno y el segundo se limita con la válvula ileocecal y primera porción del ciego. Su calibre disminuye lenta pero progresivamente en dirección al intestino grueso. El límite entre el yeyuno y el íleon no es apreciable. El intestino delgado presenta numerosas vellosidades intestinales que aumentan la superficie de absorción intestinal de los nutrientes y de las proteínas. Al intestino delgado, principalmente al duodeno, se vierten una diversidad de secreciones, como la bilis y el jugo pancreático.

Intestino grueso

El intestino grueso se inicia a partir de la válvula ileocecal en un fondo de saco denominado ciego de donde sale el apéndice vermiforme y termina en el recto. Desde el ciego al recto describe una serie de curvas, formando un marco en cuyo centro están las asas del yeyuno íleon. Su longitud es variable, entre 120 y 160 cm, y su calibre disminuye progresivamente, siendo la porción más estrecha la región donde se une con el recto o unión rectosigmoidea donde su diámetro no suele sobrepasar los 3 cm, mientras que el ciego es de 6 o 7 cm.

Tras el ciego, la del intestino grueso es denominada como colon ascendente con una longitud de 15cm, para dar origen a la tercera porción que es el colon transversal con una longitud media de 50cm, originándose una cuarta porción que es el colon descendente con 10cm de longitud. Por último se diferencia el colon sigmoideo, recto y ano. El recto es la parte terminal del tubo digestivo.

Páncreas

Es una glándula íntimamente relacionada con el duodeno, es de origen mixto, segrega hormonas a la sangre para controlar los azúcares y jugo pancreático que se vierte al intestino a través del conducto pancreático, e interviene y facilita la digestión, sus secreciones son de gran importancia en la digestión de los alimentos.

Hígado

El hígado es la mayor víscera del cuerpo. Pesa 1500 gramos. Consta de dos lóbulos. Las vías biliares son las vías excretoras del hígado, por ellas la bilis es conducida al duodeno. Normalmente salen dos conductos: derecho e izquierdo, que confluyen entre sí formando un conducto único. El conducto hepático, recibe un conducto más fino, el conducto cístico, que proviene de la vesícula biliar alojada en la cara visceral de hígado. De la reunión de los conductos císticos y el hepático se forma el colédoco, que desciende al duodeno, en la que desemboca junto con el conducto excretor del páncreas. La vesícula biliar es un reservorio muscular membranoso puesto en derivación sobre las vías biliares principales. Contiene unos 50-60 cm³ de bilis. Es de forma ovalada o ligeramente piriforme y su diámetro mayor es de unos 8 a 10 cm.

Bazo

El bazo, por sus principales funciones se debería considerar un órgano del sistema circulatorio, pero por su gran capacidad de absorción de nutrientes por vía sanguínea, se le puede sumar a los aparatos anexos del aparato digestivo. Su tamaño depende de la cantidad de sangre que contenga.

NUTRICIÓN

HIDRATOS DE CARBONO

Los hidratos de carbono (HC) son moléculas que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno. La glucosa o la dextrosa, la fructosa o la levulosa y la galactosa son monosacáridos. La combinación de dos monosacáridos forma un disacárido, como la sacarosa (glucosa + fructosa), la maltosa (glucosa + glucosa) y la lactosa (glucosa + galactosa). La unión de tres o más moléculas de glucosa se conoce como polisacárido o polímero de glucosa. Las diferentes formas de almacenar glucosa son la amilosa, la amilopectina y el almidón. Los preparados comerciales polímeros de glucosa se obtienen mediante la hidrólisis controlada del almidón la maltodextrina es el más utilizado en las bebidas deportivas.

Los HC y las grasas son los nutrientes que se oxidan, principalmente en el músculo, para brindar la energía que demanda la contracción muscular. La contribución relativa de las grasas y los HC al gasto energético durante el ejercicio depende, como se ha mencionado antes, de varios factores:

- Intensidad del esfuerzo
- Duración del esfuerzo
- Alimentación previa
- Nivel de entrenamiento

Los individuos entrenados tienen mayor desarrollo de su capacidad para utilizar las grasas como fuente de energía que las personas sedentarias. A similares intensidades absolutas de ejercicio (p.ej. 10 km/h) los

deportistas más entrenados consumirán más grasas que HC para la contracción muscular. Pero la realidad que en una competencia el deportista trabajará a su máxima capacidad (p. ej. 80% de su capacidad máxima), por lo que entre individuos entrenados y no entrenados la diferencia en la utilización de HC y grasas, se minimizan.

Las grasas y los HC poseen varias propiedades bioquímicas y físicas que las distinguen:

1) Las grasas contienen más del doble de energía por gramo que los HC.

2) Los HC se almacenan con agua (1 g de glucógeno retiene 2,7 g de agua), por lo que las grasas son más eficientes por unidad de peso.

3) Las reservas de HC son menores que las de grasas. La cantidad total de glucógeno muscular en un hombre de 70 kg es de alrededor de 350-400 g, glucógeno hepático ronda los 75-100 g y la cantidad de sustratos en plasma es de 5 g, lo que representa unas 2.000 kcal. Con respecto a las grasas, mayor cantidad se localiza en el tejido adiposo (principalmente tejido adiposo subcutáneo y visceral). Para un hombre de 80 kg el promedio de reservas es de 110.000 kcal. En las células musculares también hay una pequeña reserva de grasa almacenada de unos 300 g.

4) Los ácidos grasos aportan más ATP por molécula que la glucosa. Una molécula de glucosa produce 38 ATP, mientras que una de ácido esteárico da 147 ATP. Sin embargo, para producir la misma cantidad de ATP la oxidación de los ácidos grasos necesita más oxígeno que la de HC. Lo más importante es que por unidad de tiempo se puede obtener más ATP a partir de la glucosa que por la oxidación de los ácidos grasos. Esta propiedad hace que los HC desempeñen el papel más importante como sustrato energético durante los ejercicios de mayor intensidad, en los que la utilización de ATP es demasiado alta.

Hay muchas razones que sugieren que las reservas corporales de HC se preservan o mantienen si se consumen cantidades adecuadas antes, durante e inmediatamente después del ejercicio.

La digestión degrada los HC de los alimentos hasta convertirlos en monosacáridos.

Muchos HC deben transformarse en glucosa para que sean absorbidos en la mucosa intestinal. La glucosa es introducida en la célula mediante un sistema de cotransporte de glucosaNa⁺; éste aprovecha el gradiente de Na⁺ creado por el funcionamiento de la bomba de Na.

Desde allí, por difusión facilitada pasa a la circulación portal hacia el hígado. En el hígado, la fructosa y la galactosa son transformadas en glucosa.

La insulina es una hormona que facilita la captación y utilización de la glucosa por los tejidos corporales, en especial el tejido muscular y el adiposo.

Los principales destinos de la glucosa sanguínea son:

1. Brindar energía para el cerebro y otras partes del sistema nervioso.

2. Convertirse en glucógeno, tanto en el hígado como en los músculos. El glucógeno hepático se puede volver a convertir en glucosa, pero no el glucógeno muscular, debido a la ausencia de la enzima necesaria para cambiar su estructura, proceso que hace posible que la molécula atraviese la membrana celular. Esta reserva energética la utilizará el propio músculo cuando sea necesaria para la contracción.

3. Cuando las calorías ingeridas superan las demandas energéticas del organismo, y la capacidad del hígado y los músculos de almacenar glucógeno, la glucosa en la sangre puede convertirse y almacenarse como grasa en el tejido adiposo.

4. Si el contenido de glucosa en sangre es excesivo, puede excretarse por la orina.

En sangre siempre hay unos 80-120 mg/100 ml de glucosa, si la concentración de ésta se mide a tres horas de la ingesta de alimentos. El proceso mediante el cual el hígado es capaz de sintetizar glucógeno se denomina glucogenogénesis y la liberación de glucosa a la circulación, a partir del glucógeno, se denomina glucogenólisis, la cual se produce principalmente entre comidas. Ciertas sustancias procedentes del metabolismo de los aminoácidos y otros productos no provenientes de los HC sirven para sintetizar glucosa, mediante un proceso denominado glucógeno *génesis*.

Las proteínas son una importante fuente de glucosa sanguínea. La alanina es uno de los principales aminoácidos precursores glucogénicos mediante el ciclo glucosa-alanina. Por hidrólisis las grasas se transforman en ácidos grasos y glicerol, pero sólo este último es un metabolito gluconeogénico.

METABOLISMO DE LOS HIDRATOS DE CARBONO

Glucogenogénesis

Durante este proceso de síntesis la glucosa se fosforila y se transforma en glucosa-1-fosfato (G-1-F), luego se transforma en glucosa UDP (uridindifosfato) que se convierte en glucógeno al unirse a otras moléculas de glucosa por acción de la enzima *glucógeno sintetasa*.

Este proceso anabólico, que requiere energía, se lleva a cabo en muchos tejidos del organismo, pero es en el hígado y el músculo donde se produce en mayor cantidad.

Cuando la cantidad de glucosa es insuficiente, el glucógeno es degradado por acción de la enzima *glucógeno fosforilasa*. Esta enzima se encuentra en el hígado, el riñón y el intestino, pero no en el músculo. Como consecuencia de esto, el músculo no es capaz de ceder glucosa a la circulación y ésta sigue su camino catabólico en el propio músculo, principalmente por vía de la glucólisis.

Tanto la glucogenogénesis como la glucogenólisis están reguladas por un elevado número de factores. La síntesis tiene lugar cuando los niveles de insulina están altos y los de glucagón y hormonas del estrés están bajos; esto aumenta la captación de glucosa por las células, se activa la *glucógeno sintetasa* y se inhibe la *glucógeno fosforilasa*.

Si se necesita energía con mucha rapidez, señales del sistema nervioso central y de origen hormonal producirán un aumento de glucagón y de hormonas del estrés, y disminución de la insulina; esto inhibe la enzima *glucógeno sintetasa* y estimula la enzima encargada de la degradación, *glucógeno fosforilasa*, lo que libera glucosa-1-fosfato.

En este proceso catabólico la glucosa es desdoblada en dos moléculas de ácido pirúvico y en energía utilizable. Esta capacidad de generar ATP por mecanismos de fosforilación en el nivel de sustrato le brinda importancia fisiológica a la glucólisis.

La serie de reacciones de la glucólisis puede dividirse en dos fases:

1) *Primera fase preparatoria*. Donde se produce la ruptura de la molécula inicial de 6 carbonos en dos de gliceraldehído-3-fosfato de tres carbonos.

2) *Segunda fase*. De oxidación y redistribución de elementos en la molécula, que llevan a la formación de intermediarios de alta energía, capaces de transferir grupos fosfato al ADP para formar ATP.

La glucólisis se realiza íntegramente en el citoplasma de la célula.

PROTEÍNAS: METABOLISMO Y FUNCIÓN

Las proteínas forman parte de todas las células corporales; no hay proceso biológico que no dependa de su presencia.

Están constituidas por carbono, hidrógeno, oxígeno y, además, por un 16% de nitrógeno. Las unidades simples que componen las proteínas son los aminoácidos (AA). Estos tienen una función amino y otra carboxilo, unidas al mismo átomo de carbono alfa. Las ligaduras químicas que unen dos AA se llaman uniones peptídicas. Las estructuras formadas por menos de 50 AA, incluidos los polipéptidos y los oligopéptidos, se denominan péptidos.

Para los seres humanos la principal fuente de sustancias nitrogenadas son las proteínas ingeridas con los alimentos.

Como éstas no se almacenan, sus niveles en sangre se regulan por el equilibrio entre la síntesis y la degradación, o sea por el equilibrio entre el anabolismo y el catabolismo. Una vez absorbidos, los AA pueden incorporarse a la síntesis proteica para formar tejido o bien degradarse/excretarse. En el cuerpo no hay depósitos de proteínas, sino sólo un pequeño “pool” dinámico de AA libres que contiene un porcentaje muy pequeño de los AA del cuerpo (unos 700-800g). La gran mayoría se encuentra en las proteínas de los tejidos.

Hay tres caminos fisiológicos por los cuales los AA pueden entrar al “pool” libre:

- a través de las proteínas alimentarias (digestión),
- por la ruptura de proteínas en los tejidos,
- como AA no esenciales formados en el organismo a partir de NH₃ y una fuente de carbono.

Una vez que están en el “pool” los AA pueden metabolizarse por cuatro vías:

- 1) reabsorberse en el intestino,
- 2) incorporarse en forma de proteínas a los tejidos,
- 3) oxidarse,
- 4) incorporarse a HC o grasas como reserva energética.

Son varios los factores que regular el destino metabólico de los AA:

- el estado nutricional y fisiológico del individuo,
- la ingesta calórica,
- la disponibilidad de todos los AA necesarios para la síntesis de proteínas en cantidades suficientes.

El pool de AA libres del músculo es mayor que el del plasma, debido a su mayor masa como tejido; sin embargo, los AA utilizados como energía provienen de la degradación de proteínas tisulares.

El *anabolismo* es la incorporación de AA a la síntesis proteica. Este proceso responde a la “ley del todo o nada”; para la síntesis de una proteína todos los AA deberán estar presentes al mismo tiempo o la proteína no será sintetizada.

El *catabolismo* se produce si un AA no se utiliza en la síntesis proteica y puede oxidarse para obtener energía. En el primer paso del catabolismo se produce un grupo nitrogenado y un residuo no nitrogenado. El primero se produce en el hígado mediante la desaminación, mientras que el amoníaco (NH₃) resultante puede:

- 1) Convertirse en urea en el hígado y ser excretado por el riñón (por cada gramo de proteína consumida se necesitan 7 g de agua para excretar la urea producida).

2) Ser utilizado para la producción de compuestos nitrogenados no proteicos, como la creatina, la creatinina, el ácido úrico o las purinas.

3) Formar otros AA indispensables mediante el proceso de transaminación. La vitamina B6 actúa como coenzima.

4) Ser tomado por otro AA, para producir una amina mediante el proceso de aminación, para luego ser liberado en los túbulos distales del riñón y excretado.

Mediante la aminación y la desaminación se remueven sustancias tóxicas del organismo.

El residuo no nitrogenado está constituido por cetoácidos. Estos pueden ser glucogénicos, que entran en el camino glucolítico como ácido pirúvico, o en el ciclo de Krebs, como oxalacetato y α -cetoglutarato; también pueden ser cetogénicos que entran en el ciclo oxidativo como acetato activo.¹⁹

La hormona de crecimiento estimula las células para que retengan proteínas, sobre todo en el período de crecimiento, y los andrógenos estimulan el crecimiento tisular. La insulina actúa como antagonista de los efectos gluconeogénicos de las hormonas adrenérgicas y también es necesaria para que la hormona de crecimiento cumpla su función.

• *Función estructural*: forman los constituyentes vitales de todas las células del organismo.

• *Función enzimática*: son parte constituyente de casi todas las enzimas del cuerpo, las cuales regulan diversos procesos fisiológicos.

Funciones de las proteínas y AA en el metabolismo humano

• *Función de transporte*: vehiculizan diferentes sustancias en la sangre.

• *Función hormonal y neurotransmisora*: constituyen diferentes hormonas, así como neurotransmisores o Neuropeptidos.

• *Función inmunitaria*: son parte de componentes del sistema inmunitario.

• *Función de equilibrio ácido-base*: forman parte de sustancias que intervienen en el mantenimiento del pH adecuado.

• *Función de equilibrio de los líquidos*: ejercen presión osmótica para mantener un equilibrio óptimo de los líquidos en los tejidos corporales, en especial la sangre.

• *Función energética*: brindan una fuente de energía para el ciclo de Krebs; su exceso se convierte en glucosa o grasa para la ulterior obtención de energía.

• *Función de movimiento*: cuando las proteínas estructurales del músculo utilizan la energía para contraerse.

REQUERIMIENTOS DE PROTEINAS EN LOS DEPORTISTAS

El amplio rango de valores recomendados de proteínas para la población de deportistas se podría explicar por las diferencias entre los sujetos evaluados en las investigaciones y entre los procedimientos utilizados en la experimentación.

Los deportistas que realizan actividades de fuerza, (fisicoculturistas, levantadores de pesas) están interesados en aumentar la masa muscular y reducir grasa además de mejorar la fuerza y la potencia. Hay poca evidencia científica adecuada de las necesidades específicas de proteínas en relación con el desarrollo de la masa muscular en programas de entrenamiento.

En las actividades de resistencia, el uso de las proteínas como fuente de energía aumenta durante ejercicios de resistencia prolongados.

Para las actividades intermitentes de alta intensidad, como el fútbol o el hockey, las recomendaciones actuales de ingestión proteica son de 1,4 a 1,7 g/kg de peso corporal.

En los deportistas entrenados, una ingestión excesiva (más de 2,4 g/kg de peso actual/día) no produce una mayor síntesis total de proteínas, ya que el exceso es oxidado para obtener energía.²⁰

Con un valor calórico diario total acorde, y por lo tanto una relación kcalorías/nitrógeno cercana a 150:1, no es necesario suplementar porque estas cifras proteicas se cubren con facilidad.

GRASAS

Lo que se conoce como grasas de la alimentación es en realidad un conjunto de sustancias clasificadas como lípidos.

Los lípidos son sustancias orgánicas, insolubles en agua y solubles en solventes orgánicos, Los tres lípidos principales son los triglicéridos, el colesterol y los fosfolípidos.

Las grasas se almacenan en el organismo en forma de triglicéridos. Esto ocurre en las células grasas (adipocitos) que forman el tejido adiposo. Una parte pequeña de los triglicéridos se almacena en las células musculares o circula por la sangre unida a albúmina.²¹ La mayor parte del tejido adiposo se encuentra en el tejido graso subcutáneo; alrededor de los órganos abdominales también hay grasa.

METABOLISMO Y FUNCIÓN DE LAS GRASAS

Después de una ingesta la grasas se absorben y circulan en sangre, como triglicéridos, en forma de partículas circulantes de lípidos (quilomicrones, y lipoproteínas de alta, baja y muy baja densidad) o como

ácidos grasos libres (AOL) fijados a la albúmina, llamados ácidos grasos no esterificados (AGNE). Los lípidos también pueden provenir de otras fuentes de carbono (hidratos de carbono o proteínas) y, salvo el ácido graso linoleico y los ácidos grasos omega 3, todos los lípidos para el metabolismo humano pueden producirse en el hígado.

Las funciones de los lípidos son:

- Intervenir en la formación de estructuras
- Proporcionar energía
- Transportar vitaminas liposolubles
- Ayudar a regular el metabolismo

Los tejidos adiposo y muscular pueden captar quilomicrones, como también las lipoproteínas formadas en el hígado.

Este proceso se debe a la acción de la enzima *lipoproteinlipasa* (LPL). Los triglicéridos contenidos en estas partículas lipoproteicas se almacenan en el tejido adiposo o se degradan en las células musculares. Varias hormonas afectan la actividad de la LPL. La respuesta de la LPL del tejido adiposo es diferente a la LPL del músculo. Un aumento de la insulina, en respuesta al aumento de la glucosa sanguínea, activa la LPL del tejido adiposo e inhibe la del músculo.

Otra enzima específica del tejido adiposo es la *lipoproteinliposa hormona sensible*

(LPL HS), encargada de regular la lipólisis. Esta a su vez es activada por las hormonas antiinsulínicas (catecolaminas, somatotrofina) e inhibida por la insulina.

Los AOL se unen a la albúmina para poder viajar en un medio acuoso como la sangre. Así llegan a las células musculares u otras células, donde se metabolizan para brindar energía. Una vez dentro de la célula, un complejo enzimático que utiliza un transportador denominado carnitina se encarga de ingresar el ácido graso al interior de la mitocondria. En el interior de la célula muscular hay una enzima similar a la lipoproteinlipasa hormona sensible, la cual metaboliza los triglicéridos para transformarlos en AOL y glicerol.

En reposo, la mayor parte de las necesidades energéticas son provistas por los AOL del plasma. La mayor parte (70%) de los AOL liberados desde el tejido adiposo durante el reposo son reconvertidos en triglicéridos, mediante un proceso de esterificación, y el resto se utiliza para obtener energía. Durante el ejercicio esta proporción cambia; sólo el 25% de los AOL se esterifica, de esta forma se incrementa la proporción de los que utiliza la célula muscular para energía.

Metabolismo de las grasas durante el ejercicio

Durante el ejercicio hay una serie de estímulos que llevan a incrementar la movilización y la utilización de las grasas.

En el tejido adiposo se activa la LPL HS y se inhibe la LPL; de esta forma aumenta la liberación de AOL desde las células adiposas y, en consecuencia, aumenta la concentración de AOL en sangre. La LPL del músculo también es activada por las hormonas antiinsulínicas en respuesta al ejercicio.

El entrenamiento aeróbico produce un incremento del número de capilares que rodean las fibras musculares, Esto facilita los procesos de intercambio de nutrientes, gases, calor y sustancias de desecho. También se incrementan el número y el tamaño de las mitocondrias, y hay mayor actividad de las enzimas que actúan en el ciclo de Krebs y en las reacciones de la cadena respiratoria. Los músculos de una persona entrenada aumentan su contenido de glucógeno e incrementan su capacidad para movilizar y oxidar las grasas. Esto es ocasionado por un mayor flujo sanguíneo en el tejido muscular y adiposo, y por la mayor actividad de las enzimas (p. ej., carnitina) que movilizan y metabolizan a los AG. Además el entrenamiento incrementa la sensibilidad de las células adiposas a la adrenalina, lo que estimula la actividad de la lipoproteinlipasa hormona sensible.

Tanto en personas entrenadas como en desentrenadas, durante esfuerzos de baja intensidad la disponibilidad de ácidos grasos es similar, pero la oxidación es mayor en los primeros que en los segundos. A medida que el nivel de entrenamiento aeróbico mejora, la concentración de lactato en sangre es menor para el mismo nivel de esfuerzo, lo que sugiere un mayor desarrollo de la capacidad aeróbica y una menor dependencia del sistema glucolítico para producir energía.

VITAMINAS Y MINERALES

La actividad física aumenta la necesidad de vitaminas y minerales, la que en general puede satisfacerse con el consumo de una dieta variada. Si bien es cierto que, según la magnitud de la deficiencia, el rendimiento puede alterarse, también lo es que no hay evidencias concluyentes como para afirmar que un aumento de su aporte por encima de las recomendaciones, en forma individual o combinada, aumentará ese rendimiento.

La deficiencia de vitaminas tiene cuatro fases:

1. Fase preliminar: el aporte o disponibilidad en la alimentación es insuficiente.

2. Deficiencia bioquímica: hay un descenso de las reservas del organismo. En el caso de varias vitaminas esto se puede detectar mediante un análisis de sangre o de los tejidos.

3. Deficiencia fisiológica: aparece el síntoma inespecífico.

Durante estas primeras tres fases la deficiencia de vitamina se considera marginal; la posibilidad de que el rendimiento físico sea afectado depende de la naturaleza del deporte. No obstante, con seguridad la debilidad y la fatiga física estarán presentes y actuarán de manera contraproducente en el rendimiento.

4. Manifestación clínica de la deficiencia: en esta etapa la salud y el rendimiento son afectados en forma negativa. En atletas que consumen dietas hipocalóricas o que si bien tienen las kilocalorías adecuadas no satisfacen las necesidades de vitaminas y minerales, es indiscutible la necesidad de prestar especial atención a este tema.

VITAMINAS LIPOSOLUBLES

Alfa tocoferol (vitamina E)

Funciona como antioxidante y como tal actúa contra los radicales libres del oxígeno, de esta forma protege las membranas celulares de la peroxidación de lípidos y los glóbulos rojos de la hemólisis.

Durante la práctica de ejercicios de alta intensidad, en especial en situaciones de déficit relativo de oxígeno, la producción de radicales libres aumenta.

Vitamina A

La forma fisiológica activa de la vitamina A es el retinol. El cuerpo humano es capaz de producir retinol a partir de unas provitaminas conocidas como carotenoides, como los beta carotenos. Es esencial para el mantenimiento de las células epiteliales. También es de suma importancia para el buen funcionamiento de la visión. Los betacarotenos pueden actuar como antioxidantes.

Vitamina D

Con este término se designan varios compuestos. Su forma activa es el calcitriol, que es la hormona de esta vitamina.

Los rayos ultravioleta del sol transforman un compuesto que se encuentra en la piel (colecalfiferol). Esta prehormona es liberada en el flujo sanguíneo, y en el hígado y los riñones se transforma en la forma activa de la hormona.

Desempeña un papel primordial en el metabolismo de los huesos. Colabora en la absorción del calcio en el intestino y los riñones, lo que ayuda al organismo a mantener los niveles normales de calcio en el suero. También regula el metabolismo del fósforo.²

Vitamina K

Es necesaria para la formación de cuatro compuestos esenciales del proceso de coagulación.

Estas vitaminas son potencialmente tóxicas cuando se consumen cantidades excesivas durante un período prolongado.

VITAMINAS HIDROSOLUBLES

Tiamina (vitamina B 1)

Es importante en el metabolismo de los HC. Forma parte de una importante coenzima (pirofosfato de tiamina) necesaria para la conversión de piruvato a acetil-CoA, paso esencial en la producción de energía a partir de los HC.

Si durante la actividad física el nivel de tiamina es deficiente, no se alcanza la mayor producción de acetil CoA; por lo tanto, aumenta la cantidad de piruvato que se convierte en ácido láctico y es posible que se desarrolle fatiga. Por este motivo las necesidades de esta vitamina se relacionan con el gasto total de energía.

La ingesta diaria recomendada es de 0,5 MG/1.000 Kcal., pero en la población de deportistas puede ser ligeramente más alta.

Riboflavina (vitamina B2)

Interviene en el metabolismo mitocondrial de la energía; funciona como coenzima de un grupo de flavoproteínas comprometidas con oxidaciones biológicas, la más común de las cuales es flavina-adenina dinucleótido (FAD),

Piridoxina (vitamina B6)

Es un componente de más de 60 sistemas de enzimas y tiene un papel central en las reacciones bioquímicas por las que en una célula los aminoácidos de la dieta se convierten en un aminoácido en particular, necesario para las actividades propias de las células; por lo tanto es muy importante en la síntesis de proteínas.

También es un componente necesario para la gluconeogénesis, además de participar en la formación de hemoglobina, mioglobina y citocromos, compuestos esenciales para los procesos de transporte y utilización de oxígeno en el cuerpo.

Cianocobalamina (vitamina B12)

Está involucrada en una serie de procesos metabólicos. Es un componente necesario del DNA para la formación de glóbulos rojos y de la capa de mielina que rodea las fibras nerviosas. Está comprometida en el metabolismo de los HC.

Si la absorción de vitamina B12 disminuye por falta de factor gástrico o la ingestión de carne es insuficiente (principal fuente de esta vitamina), pueden aparecer deficiencias significativas.

Funciona como coenzima del NAD (nicotinaminaducleotido) que desempeña un papel importante en la glucólisis. Es necesaria para la respiración de los tejidos y la síntesis de las grasas, por lo que su deficiencia podría influir en la performance deportiva de varias maneras. Es posible que la deficiencia afecte la glucólisis y los procesos oxidativos en el ciclo del ácido cítrico, por lo que tanto la performance aeróbica como la anaeróbica podrían reducirse.

El aminoácido triptófano puede convertirse en niacina, sesenta miligramos de triptófano (equivalente de niacina) tiene el mismo efecto que 1 mg de niacina.

Algunos estudios sugieren que una megadosis puede tener efectos negativos sobre el rendimiento, debido al efecto depresor del ácido nicotínico sobre la movilización de ácidos grasos libres.

Ácido pantoténico

Forma parte de la coenzima A (CoA), la cual está involucrada en la oxidación de los ácidos grasos y del piruvato y en la síntesis de los ácidos grasos. Su actividad también tiene implicaciones en la síntesis de acetilcolina, sustancia que liberan las neuronas motoras para provocar la contracción muscular.

Ácido fólico

Actúa como coenzima en el metabolismo de los aminoácidos y en la síntesis de ácidos nucleicos. Es importante para la formación de glóbulos rojos. La anemia provocada por su deficiencia perjudicaría la performance aeróbica.

Biotina

Es una parte esencial de las enzimas que transportan grupos carboxílicos y fijan el dióxido de carbono a los tejidos. La biotina desempeña un papel fundamental en el metabolismo de los HC, las grasas y los aminoácidos de cadena ramificada. Existe una producción endógena de biotina por parte de los roogafli5m05 del tracto intestinal

Ácido ascórbico (vitamina C)

Es un antioxidante soluble en agua con acción contra los radicales libres que dañan las células. También está involucrado en la formación de colágeno, tejido conectivo y carnitina, además de mejorar la absorción de hierro en el intestino. Con respecto a la performance deportiva, esta vitamina sería importante para las actividades aeróbicas, ya que podría facilitar las reacciones oxidativas en las células musculares.

Minerales

Son elementos inorgánicos que se encuentran en la naturaleza. En nutrición el término se utiliza para clasificar los elementos ingeridos en la alimentación que son esenciales para los procesos vitales.

Muchos minerales se utilizan en la construcción de los tejidos corporales (huesos, dientes, músculos) y además forman parte de enzimas conocidas como metaloenzimas, que participan en la regulación del metabolismo. Algunos minerales se encuentran como electrólitos.

Los deportistas deben consumir cantidades adecuadas de minerales para optimizar su entrenamiento físico y el rendimiento. En la población físicamente activa las pérdidas de minerales por sudor y orina son mayores que en los individuos sedentarios.

El contenido de minerales difiere en cada tejido y también varía entre los compartimientos intracelular y extracelular. En su mayoría los minerales están unidos a sistemas o estructuras funcionales, o incluso forman parte de éstos. La cantidad de sustancias minerales disponibles para el metabolismo es muy pequeña. En los líquidos circulantes del organismo la cantidad depende de *las entradas* (alimentos, captación o liberación de los tejidos) y de *las pérdidas o excreciones* (sudor, orina, materia fecal).

Cualquier exceso de minerales se compensa mediante el aumento de la excreción y cualquier carencia, por la reducción de la excreción y por mayor liberación a partir de los tejidos. De continuar la carencia, los niveles de minerales en plasma comenzarán a disminuir. Durante déficit prolongados de minerales se producen desequilibrios en la función celular.

Potasio

Es un catión intracelular que desempeña funciones en la transmisión de los impulsos nerviosos. También interviene en el potencial de membrana y, por lo tanto, en la contracción de las células musculares, tanto cardíacas como esqueléticas.

Su presencia en el compartimiento intracelular es 40 veces más importante que en el extracelular. Se absorbe en el intestino (90-100%). Se excreta por medio de la orina, la materia fecal y el sudor.

Durante las contracciones musculares se producen pérdidas de potasio debidas a los cambios en la permeabilidad de la membrana celular. Hay cambios de sentido del flujo de sodio y potasio, como parte del proceso electroquímico de la contracción.

Calcio

El contenido de calcio del cuerpo humano es de 1.200 g, de los cuales el 99% se encuentra en el esqueleto y el 1% en el plasma. Esta pequeña porción representa la reserva metabólicamente disponible, la cual se mantiene dentro de márgenes de variación estrechos debido principalmente a las hormonas que controlan su absorción, su secreción y su metabolismo en los huesos.

El calcio plasmático participa en varias funciones vitales, como la coagulación sanguínea y la iniciación de la contracción muscular, además es requerido para la transmisión de los impulsos nerviosos, controla el pasaje de líquidos a través de las membranas celulares y es activador de numerosas enzimas, como las ATPasas y las lipasas.

Magnesio

La cantidad de magnesio del cuerpo es de unos 30 g, de los cuales el 60% se encuentra en el esqueleto, alrededor del 40% en el interior de las células, principalmente las musculares, y sólo 1% en el líquido extracelular.

Junto con el calcio y el fósforo el magnesio forma parte de la estructura ósea. Este catión intracelular participa en unas 300 reacciones enzimáticas, como las fosfoquinasas, que hidrolizan y transfieren los grupos fosfato; las tiocinasas, relacionadas con la degradación de ácidos grasos, y las pirofosfatasa, relacionadas con la activación de los aminoácidos y la formación del AMP cíclico. También está relacionado con la síntesis proteica.

El magnesio extracelular participa en la regulación de los potenciales eléctricos de membrana de las células nerviosas y musculares, y en la transmisión de los impulsos a través de las uniones neuromusculares. Un indicador del estado nutricional de este mineral es el magnesio sérico, que disminuye cuando la alimentación es deficiente. Valores inferiores a 1,8 mg/dl son indicadores de hipomagnesemia.

OLIGOELEMENTOS

Hierro

El cuerpo humano contiene 3-4 g de hierro, de los cuales el 55-60% forma parte de la hemoglobina, el 30-35% se almacena en los depósitos del hígado, el bazo, el riñón y la médula ósea; el resto se encuentra como constituyente de numerosas enzimas.

Las funciones del hierro en el organismo se explican por las funciones biológicas de los compuestos de los que forma parte. La hemoglobina posee la capacidad de combinarse de manera reversible con el oxígeno, al que transporta por la sangre; la mioglobina es un pigmento respiratorio, presente en las células musculares, con capacidad de transportar y almacenar el oxígeno que se utiliza durante la contracción muscular; los citocromos son enzimas que intervienen en la transferencia de electrones en las reacciones de oxidorreducción.

Cinc

Es el oligoelemento intracelular más abundante. El contenido en el organismo es de alrededor de 1,5 a 2,5 g, de los cuales el 50% se encuentra en el tejido muscular. Otros órganos que contienen cinc son los huesos, la próstata y la piel. Las reservas metabólicamente disponibles son pequeñas y se encuentran sobre todo en la sangre.

Cualquier cambio en el volumen plasmático debido al ejercicio afectará los niveles de cinc (por ejemplo, en la deshidratación la concentración de cinc aumenta por hemoconcentración). El ejercicio aumenta las necesidades de cinc debido a que éste se elimina por orina y por sudor, que en el ejercicio de resistencia están aumentados.

La evaluación del estado nutricional respecto del cinc es difícil, ya que no se ha identificado un indicador que refleje con precisión las deficiencias

AUTOTEST

Seminario: Tórax

Preguntas

- 1) ¿Cómo está compuesto el sistema digestivo?
- 2) ¿Cuáles son los órganos más importantes? ¿Qué funciones cumplen?
- 3) ¿Cómo se realiza la digestión?
- 4) ¿Qué función tienen las proteínas?
- 5) ¿Cómo se utilizan las grasas?
- 6) Describir digestión y función de los hidratos de carbono

Espacio para tus respuestas

