

Representación esquemática de las vías de control por retroalimentación, que regulan virtualmente todos los procesos fisiológicos.

El cuarto desafío que encara un organismo -que puede ser un problema o no- es multiplicarse. El imperativo biológico de reproducirse es enorme. Los animales dedican gran parte de su energía y sus recursos a enfrentar este desafío. La reproducción puede llevarse a cabo en una variedad de formas pero, en los mamíferos, es siempre sexual y siempre implica la formación de gametos, su unión para formar un cigoto y el desarrollo del cigoto hasta convertirse en un individuo adulto.



**El cuarto Blanco - Biblioteca Web**

## Capítulo 40. Energía y metabolismo I: digestión

La digestión es el proceso por el cual el alimento es desintegrado en moléculas que pueden ser incorporadas por las células que tapizan el intestino, transferidas al

torrente sanguíneo y distribuidas a las células individuales del cuerpo. Ocurre en etapas sucesivas, reguladas por la interacción de hormonas y estímulos nerviosos.

En los vertebrados, el sistema digestivo consiste en un tubo largo y tortuoso que se extiende desde la boca hasta el ano. La superficie interna del sistema digestivo se continúa con la superficie externa del cuerpo, y así, técnicamente, la cavidad de este sistema está fuera del cuerpo. Las moléculas nutrientes realmente entran al cuerpo sólo cuando pasan a través del revestimiento epitelial del tubo digestivo. Así, el proceso de digestión implica dos etapas: el desdoblamiento o digestión de las moléculas de alimento y su absorción en el cuerpo.

El sistema digestivo incluye a las glándulas salivales, el páncreas, el hígado y la vesícula biliar, órganos accesorios que proporcionan las enzimas y otras sustancias esenciales para la digestión.

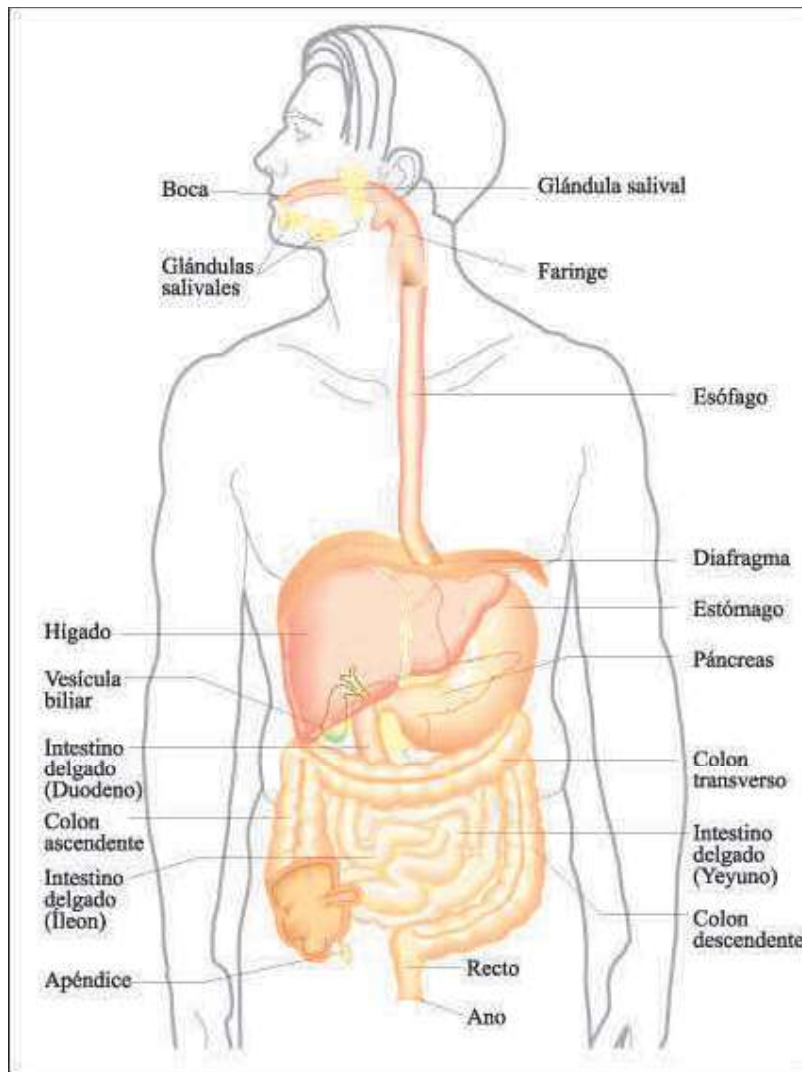
La principal fuente de energía para las células del cuerpo de los mamíferos es la glucosa que circula en la sangre. La concentración en sangre de la glucosa permanece extraordinariamente constante. Ésta es la principal fuente de energía celular y la molécula estructural fundamental. El principal órgano responsable de mantener un suministro constante de glucosa es el hígado, que es capaz de convertir varios tipos de moléculas en glucosa. En el hígado se almacena glucosa en forma de glucógeno cuando los niveles de glucosa en la sangre son elevados, y se degrada el glucógeno, liberando glucosa, cuando los niveles plasmáticos de ésta caen. Estas actividades del hígado están reguladas por diferentes hormonas.

Los requerimientos energéticos del cuerpo pueden ser satisfechos por carbohidratos, proteínas o grasas, que son los tres tipos principales de moléculas alimenticias. Para una buena nutrición son necesarias las moléculas para combustible (que pueden ser obtenidas de carbohidratos, grasas o proteínas), aminoácidos esenciales, ácidos grasos esenciales, vitaminas, ciertos minerales y fibras vegetales.

La distribución de alimento en nuestro planeta es inequitativa y ocasiona graves problemas de salud por causas diversas. La abundancia de alimento en los países desarrollados trae aparejado una serie de riesgos nutricionales como la obesidad y el deseo de experimentar con el propio cuerpo adoptando dietas extremas. Por otra parte, en algunas regiones del planeta, el hambre es una condición constante para millones de personas.

## El tubo digestivo de los vertebrados

El sistema digestivo de los vertebrados consiste en un tubo largo y tortuoso que se extiende desde la boca hasta el ano.



Canal alimentario humano.

El alimento pasa desde la boca, a través de la faringe y del esófago hacia el estómago y el intestino delgado, donde ocurre la mayor parte de la digestión. Los materiales no digeridos circulan por el intestino grueso (colon ascendente, transverso y descendente), se almacenan brevemente en el recto y se eliminan a través del ano. Los órganos accesorios del sistema digestivo son las glándulas salivales, el páncreas, el hígado y la vesícula biliar.

En los mamíferos, el alimento es procesado inicialmente en la boca, donde comienza la degradación del almidón en los seres humanos. Se mueve a través del esófago al estómago, donde los jugos gástricos destruyen las bacterias, comienzan a degradar las proteínas y, en parte, los lípidos.

La separación de los sistemas digestivo y respiratorio de los mamíferos evita que la comida pueda ingresar a los pulmones.

La mayor parte de la digestión ocurre en la porción superior del intestino delgado, el duodeno; aquí la actividad digestiva, que es llevada a cabo por enzimas, está casi completamente bajo regulación de las hormonas. La degradación del almidón

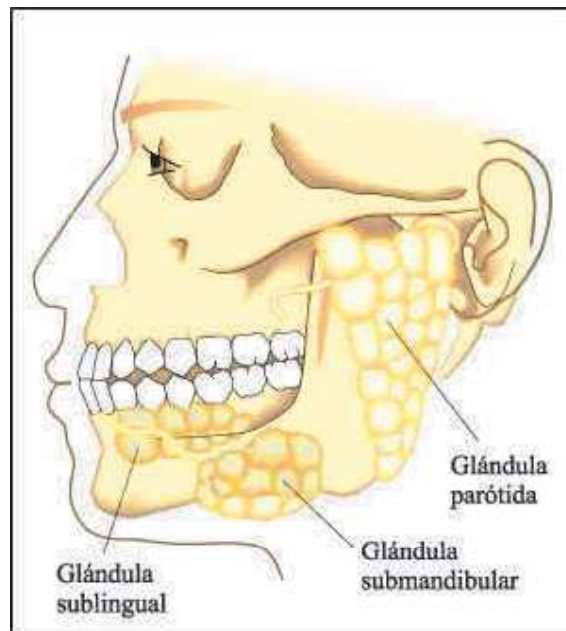
por las amilasas continúa la degradación del almidón iniciada en la boca, produciendo disacáridos, las grasas son hidrolizadas por lipasas, y las proteínas son reducidas a dipéptidos o aminoácidos individuales. Los monosacáridos, los aminoácidos, los ácidos grasos y los dipéptidos son absorbidos por el epitelio intestinal y transportados por los vasos sanguíneos de las vellosidades; las grasas, luego de ser reprocessadas en el epitelio intestinal, penetran hacia por los vasos linfáticos y finalmente entran al torrente sanguíneo. Las hormonas secretadas por las células del duodeno estimulan las funciones del páncreas y del hígado. El páncreas libera un fluido alcalino que contiene enzimas digestivas; el hígado produce bilis, que también es alcalina y emulsiona las grasas.

Gran parte del agua que penetra, y es secretada en el estómago y en el intestino delgado durante la digestión, es reabsorbida por el propio intestino delgado. La mayor parte del agua restante es reabsorbida desde los residuos de la masa alimenticia cuando pasa a través del intestino grueso. El intestino grueso contiene bacterias que viven en simbiosis y que son la fuente de ciertas vitaminas que el hombre no puede sintetizar. Los residuos no digeridos son eliminados del intestino grueso como materia fecal.

## Principales glándulas accesorias

Además del largo tubo que se extiende desde la boca hasta el ano, el sistema digestivo incluye también las glándulas salivales, el páncreas, el hígado y la vesícula biliar. Estos órganos accesorios proporcionan las enzimas y otras sustancias esenciales para la digestión.

Las glándulas salivales producen la saliva, una secreción acuosa, ligeramente alcalina, que contiene moco y lubrica el alimento. En los seres humanos y otros mamíferos la saliva también contiene una enzima digestiva, la amilasa salival, que comienza la digestión del almidón.



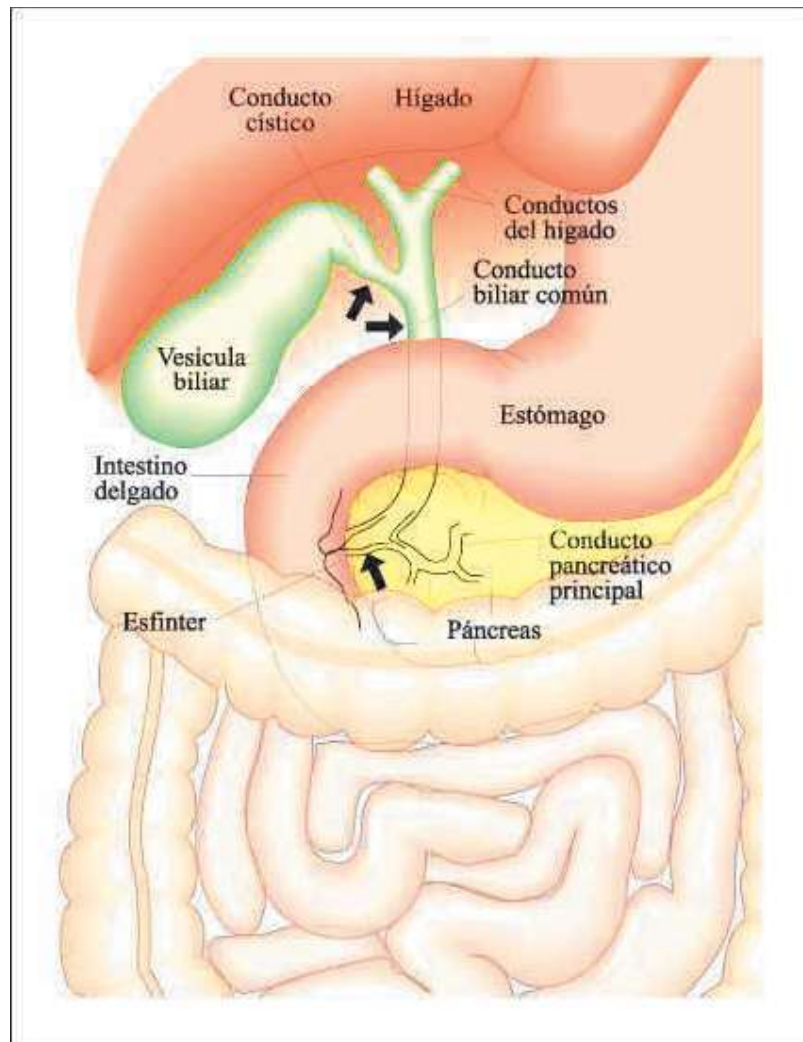
Glándulas salivales.

La mayor parte de la saliva es producida por tres pares de glándulas salivales. Cantidades adicionales son suministradas por glándulas pequeñas, las glándulas bucales, de la membrana mucosa que tapiza la boca.

El páncreas es un órgano secretor especializado que se diferencia en dos porciones: páncreas exocrino y endocrino. El primero, al igual que las glándulas salivales, secreta agua, algunos iones y enzimas que actúan en el intestino, entre ellas una amilasa, y una gran cantidad de bicarbonato que neutraliza la acidez proveniente del estómago.

El páncreas endocrino es una glándula productora de hormonas que secreta insulina, glucagón, polipéptido pancreático y somatostatina. Estas hormonas participan en la regulación de la glucosa en sangre y, en parte, en la modulación de la actividad del páncreas exocrino.

Los dos componentes glandulares se hallan bajo control del sistema nervioso autónomo y de varios factores, entre ellos, la glucemia -la concentración de glucosa en sangre- y la concentración de algunas hormonas intestinales, como la secretina, el péptido inhibidor gástrico y la colecistocinina.



Conductos del hígado, la vesícula biliar y el páncreas, que se fusionan poco antes de vaciarse en el intestino delgado a través de un esfínter en su paredes.

En la figura anterior, las flechas indican los sitios en que se alojan generalmente los cálculos biliares. Éstos, que consisten principalmente en colesterol y sales biliares, se forman cuando se altera el delicado equilibrio en las concentraciones relativas de los componentes de la bilis.

El hígado, el órgano interno más grande del cuerpo, es una verdadera fábrica química que presenta una extraordinaria variedad de procesos y productos de síntesis o transformación. Almacena y libera carbohidratos, desempeñando un papel central en la regulación de la glucosa sanguínea. En el hígado también se procesan aminoácidos, que se convierten en carbohidratos, o que son canalizados a otros tejidos del cuerpo donde sirven de materia prima para la síntesis de proteínas esenciales, tales como enzimas y factores de coagulación. El hígado fabrica las proteínas del plasma que tornan a la sangre hipertónica en relación con los fluidos intersticiales, lo cual impide el movimiento osmótico de agua desde el torrente sanguíneo a los tejidos.

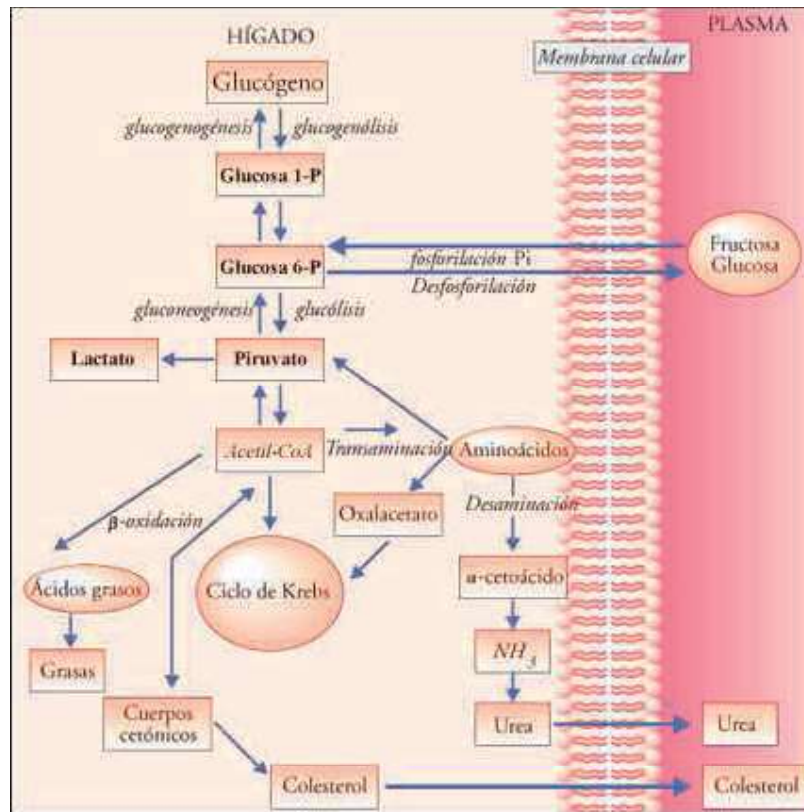
Es la fuente principal de las lipoproteínas del plasma, incluyendo LDL y HDL, que transportan colesterol, grasas y otras sustancias insolubles en agua por el torrente sanguíneo, y es de importancia central en la regulación del colesterol sanguíneo. Almacena vitaminas solubles en grasas, como las A, B y E. Produce bilis (que se almacena luego en la vesícula biliar) con componentes que participan del proceso de digestión de los lípidos. Degrada la hemoglobina de los glóbulos rojos muertos o dañados a bilirrubina. El hígado inactiva diversas hormonas, desempeñando así un papel importante en la regulación hormonal. También degrada una variedad de sustancias extrañas, algunas de las cuales -como el alcohol- pueden formar productos metabólicos que dañan a las células hepáticas e interfieren en sus funciones.

## Regulación de la glucosa sanguínea

La principal función de la digestión es, naturalmente, suministrarle a cada célula del cuerpo las moléculas orgánicas que puedan servir como fuente de energía y materias primas.

Aunque los vertebrados raramente comen durante todo el día, la concentración de glucosa en sangre -que es la principal fuente de la energía de la célula y la molécula estructural fundamental- permanece extraordinariamente constante. El hígado desempeña un papel central en este proceso crítico.





Esquema general de los procesos que ocurren en el hígado integrando el metabolismo de hidratos de carbono, lípidos y proteínas.

La glucosa y otros monosacáridos entran en la sangre desde el tracto intestinal y pasan directamente al hígado a través del sistema porta hepático. El exceso de glucosa es convertido en glucógeno -proceso denominado glucogenogénesis- y se almacena en las células hepáticas. Cuando hay un exceso de glucógeno, los monosacáridos que llegan al hígado son metabolizados por otra vía, la de la glucólisis lo que da, entre otros productos, acetil-coA. El acetil-coA puede ser convertido en glicerol y ácidos grasos y, posteriormente, formar grasas. Las grasas son almacenadas en el hígado, en general, en las vacuolas lipídicas de los hepatocitos. El acetil-coA también puede ser usado como materia prima para la síntesis de aminoácidos. También, el hígado degrada los aminoácidos en exceso (que no se almacenan) y los convierte en piruvato y luego en glucosa -proceso denominado gluconeogénesis-. El nitrógeno de los aminoácidos es excretado en forma de urea por los riñones, y la glucosa es almacenada como glucógeno.

Cuando es necesario, el glucógeno se degrada y libera glucosa -proceso denominado glucogenólisis-. La absorción o la liberación de glucosa por parte del hígado está determinada primariamente por su concentración en la sangre. La concentración de glucosa, a su vez, está regulada por diversas hormonas y está influida por el sistema nervioso autónomo.

Entre las hormonas que intervienen en este proceso están la insulina, el glucagón y la somatostatina, todas ellas producidas por el páncreas. La insulina promueve la absorción de glucosa por la mayoría de las células del organismo, y disminuye, así, la glucosa sanguínea. De esta forma, el principal estímulo para la secreción de insulina es el aumento de la glucemia. El glucagón promueve la degradación del

glucógeno en glucosa, que pasa a la sangre. Por ende, la hipoglucemia -una baja concentración de glucosa en sangre- resulta el estímulo dominante para la secreción de glucagón. La somatostatina, tiene una variedad de efectos inhibitorios que colectivamente ayudan a regular la tasa a la que la glucosa y otros nutrientes son absorbidos desde el tubo digestivo.

## Algunos requerimientos nutricionales

En virtud de la actividad del hígado, que convierte varios tipos de moléculas en glucosa, y dado que la mayoría de los tejidos pueden usar ácidos grasos como combustible alternativo, los requerimientos energéticos del cuerpo pueden ser satisfechos por carbohidratos, proteínas o grasas, que son los tres tipos principales de moléculas alimenticias.

Además de las calorías, las células del cuerpo necesitan 20 tipos diferentes de aminoácidos para ensamblar proteínas. Cuando falta cualquiera de los aminoácidos necesarios para la síntesis de una proteína particular, ésta no puede producirse y los otros aminoácidos son convertidos en carbohidratos y oxidados o almacenados. Los vertebrados no pueden sintetizar los 20 aminoácidos, que se conocen como aminoácidos esenciales. Las plantas son la fuente última de aminoácidos esenciales. Mediante una buena combinación de legumbres, granos y cereales una persona vegetariana puede obtener los aminoácidos que necesita.

Los mamíferos también requieren, pero no pueden sintetizar, ciertos ácidos grasos poliinsaturados y un grupo de hormonas de acción local: las prostaglandinas.

Las vitaminas son un grupo adicional de moléculas requeridas por las células vivas que no pueden ser sintetizadas por las células animales. Muchas de ellas funcionan como coenzimas y son generalmente requeridas sólo en cantidades pequeñas.

Deficiencias vitamínicas graves, como las que pueden ocurrir en regiones donde la malnutrición es crónica, pueden tener consecuencias pasmosas.

Nuestro cuerpo también necesita nutrientes que cumplen la función de antioxidantes, es decir, que son capaces de neutralizar la acción oxidante de una molécula inestable -un radical libre- sin perder su propia estabilidad electroquímica.

Los radicales libres dañan las membranas de nuestras células, y son capaces de destruir o provocar mutaciones en el DNA, facilitando el camino para que se desarrollen diversos tipos de enfermedades. La acción de los radicales libres está ligada al cáncer y al envejecimiento, así como al daño causado en las arterias por el colesterol "oxidado"; esto relaciona directamente a esas moléculas con las enfermedades cardiovasculares.

El cuerpo, además, tiene un requerimiento dietario de varias sustancias inorgánicas, o minerales. Éstas incluyen el calcio y el fósforo para la formación de huesos, el yodo para la hormona tiroidea, el hierro para la hemoglobina y los citocromos, el sodio, el cloro y otros iones esenciales para el balance iónico.

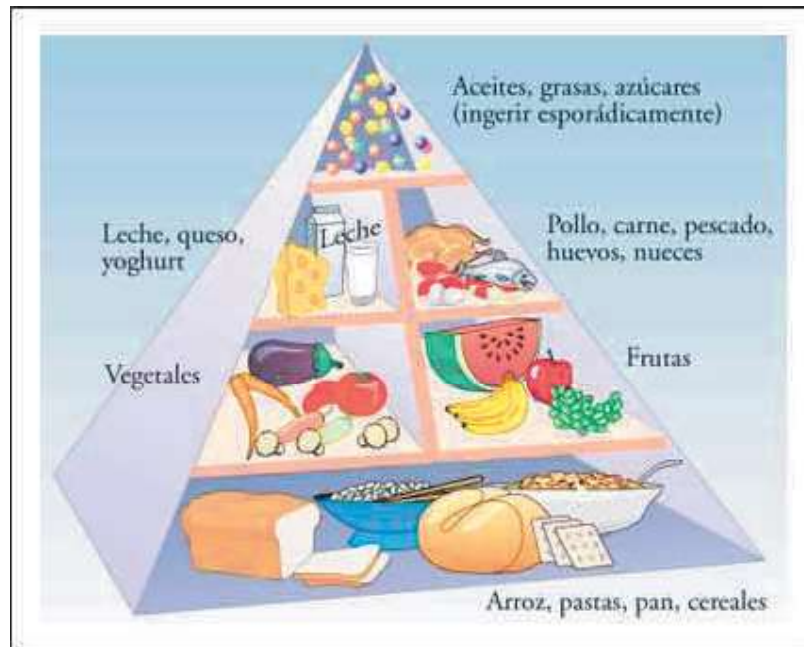
## Problemas nutricionales

El principal problema nutricional en muchos países desarrollados es la obesidad. Cuando se ingiere alimento cuya degradación genera más calorías de las que se pueden acumular en forma de glucógeno, el exceso se acumula en forma de grasa en células especializadas, los adipocitos.



Además de un exceso de calorías, muchas dietas parecen contener numerosos riesgos para la salud. El exceso de sal está correlacionado con la el riesgo de hipertensión (alta presión sanguínea). Otro factor de riesgo es la grasa animal, como la que se encuentra presente en la carne vacuna y de cerdo. Las dietas ricas en grasa animal interfieren en la regulación del colesterol sanguíneo, implicado en la aterosclerosis y en los ataques cardíacos, así como en ciertos tipos de cáncer.

Por otra parte, existen muchos tipos de dietas para adelgazar. La mayoría incluye la reducción de la ingestión de calorías diarias que, en muchas ocasiones despiertan sensaciones de hambre muy fuertes. Esto, aparentemente, no sucede si se acompaña la dieta con un buen ejercicio físico.



Proporción de alimentos que se recomienda ingerir diariamente.

En ocasiones, el exceso de peso provoca el deseo de adoptar dietas extremas para reducir ese exceso, ya sea éste subjetivo o real. Existen desórdenes de la alimentación autoimpuestos que afecta mayoritariamente a algunas mujeres adolescentes. Uno de ellos es la anorexia nerviosa. Quienes la padecen tienen una falsa percepción del propio cuerpo. Como consecuencia, apenas comen y hasta presentan conductas como provocar vómitos, ingerir laxantes y diuréticos o realizar un ejercicio físico intenso. Los casos graves suelen requerir hospitalización y alimentación intravenosa.

Otro desorden alimentario es la bulimia. Las personas afectadas usualmente ingieren grandes cantidades de comida y luego se desprenden de esos excesos por medio de vómitos, laxantes y ejercicio físico intenso.

Incluso en la actualidad, en algunas regiones del planeta, el hambre es una condición constante para millones de personas. Cuando el cuerpo humano es sometido a un ayuno, indefectiblemente comienza a digerirse a sí mismo. Cuando la ingestión calórica es menor a la necesaria, la grasa se moviliza, degradándose a glicerol y ácidos grasos, y liberándose en el torrente sanguíneo.

Primero se degradan las reservas de almidón y azúcar del cuerpo, se sigue por las grasas y, luego, por las proteínas musculares. Gradualmente, la sensación de hambre disminuye y el metabolismo se entorpece. De esta manera, disminuye el consumo de energía. A medida que avanza el consumo de proteínas, los aminoácidos se usan para mantener las funciones de órganos vitales como el cerebro, el corazón y los pulmones.

Cuando la degradación de proteínas alcanza los anticuerpos, el sistema inmune comienza a desmantelarse y el organismo es víctima de infecciones. En estas condiciones, puede sobrevenir una anemia, deteriorarse la coordinación nerviosa y afectarse seriamente los sentidos de la vista y del oído.

Sin embargo, una persona puede comer pero estar de todas maneras malnutrida. Estas personas suelen sentirse débiles, con fatiga y ser muy susceptibles a infecciones. Esto se debe, en general, a deficiencias de aminoácidos esenciales, minerales como el hierro o el calcio y vitaminas.



---

**El cuarto Blanco - Biblioteca Web**

## **Capítulo 41. Energía y metabolismo II: respiración**

Las células heterótrofas obtienen energía de la oxidación de los compuestos que contienen carbono. Este proceso libera dióxido de carbono y, para máximos rendimientos energéticos, requiere oxígeno. La respiración -o ventilación- es el medio por el cual un animal obtiene oxígeno para la respiración que ocurre en sus células y se libera del dióxido de carbono.

Tanto el agua como el aire contienen oxígeno. El oxígeno entra a las células y a los tejidos corporales por difusión, moviéndose desde regiones donde su presión parcial es alta a regiones donde su presión parcial es baja. Sin embargo, el movimiento de oxígeno por difusión es eficiente sólo cuando hay un área superficial relativamente grande expuesta a la fuente de oxígeno y cuando la distancia por la cual el oxígeno debe difundir es corta.

Las branquias y pulmones surgieron como resultado de presiones selectivas que permitieron incrementar la eficiencia de los medios de intercambio gaseoso. Ambos órganos presentan grandes superficies para el intercambio de gases y tienen también una rica provisión de sangre que transporta estos gases hacia otras partes del cuerpo del animal.

La respiración en los animales grandes implica tanto la difusión como el flujo global. El flujo global lleva agua o aire a los pulmones o a las branquias y hace circular el oxígeno y el dióxido de carbono en el torrente sanguíneo. Los gases se intercambian por difusión entre la sangre y el aire de los pulmones o el agua que rodea a las branquias, y entre la sangre y los tejidos.