

Adaptaciones de los diferentes sistemas implicados en el ejercicio físico

Bases del Entrenamiento deportivo

Técnico Deportivo Final LOE

Enseñanzas Deportivas de Régimen Especial



Contenidos

Adaptaciones de los diferentes sistemas implicados en el ejercicio físico

Introducción

En este tema vamos a desarrollar el sistema endocrino y el ciclo menstrual, donde conoceremos cuáles son las principales glándulas endocrinas, las principales hormonas secretadas por las mismas y cómo responden estas ante el ejercicio físico; también conoceremos qué es el ciclo menstrual y sus características, junto con la influencia que tiene la práctica de actividad física en algunos trastornos menstruales tales como la menarquia, la amenorrea primaria y la secundaria.

Del mismo modo, desarrollaremos el sistema digestivo conociendo su anatomía y cómo se produce el proceso digestivo, así como el metabolismo energético, a través del cual obtenemos la energía para satisfacer las necesidades energéticas teniendo en cuenta las diferentes vías de obtención de la misma.

Por último, conoceremos las adaptaciones producidas en el sistema cardiovascular tras la práctica de ejercicio físico.



Mapa conceptual
Imagen de elaboración propia

1. Sistema endocrino: principales hormonas y glándulas endocrinas. Respuesta hormonal al ejercicio

1.1. Concepto

El sistema endocrino es, según el Diccionario Terminológico de las Ciencias Médicas, “el conjunto de glándulas que elaboran secreciones internas”; es decir, que secretan sus productos hacia el torrente sanguíneo, siendo estos productos de secreción las hormonas.

Estas glándulas se distribuyen por todo el organismo, constituyendo en su conjunto el citado sistema endocrino, que interviene junto con el sistema nervioso en la coordinación e integración de las funciones orgánicas.

[Enlace a recurso reproducible >> https://www.youtube.com/embed/ccLXp_mVZf4](https://www.youtube.com/embed/ccLXp_mVZf4)

Sistema endocrino.

Video publicado por Método Quím alojado en [Youtube](#)

De esta manera, podemos decir que las glándulas endocrinas (de secreción interna) actúan mediante hormonas o sustancias portadoras de información que, transportadas por la sangre, actúan sobre los órganos ejerciendo acciones específicas. Así pues, nos encontramos que las hormonas regulan muchas funciones corporales, como por ejemplo el crecimiento, el metabolismo y la reproducción.

1.2. Glándulas endocrinas

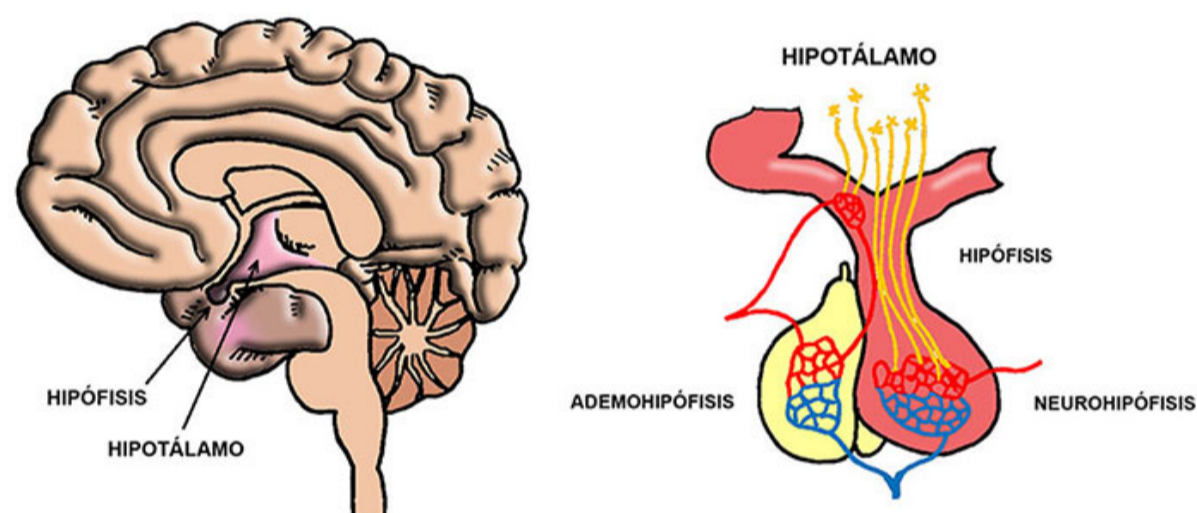
La síntesis de hormonas puede provenir de muchos tejidos, tales como la piel, el tubo digestivo, etc., pero la cantidad sintetizada no suele ser tan significativa como para clasificarlos dentro de las glándulas endocrinas, es por ello por lo que entre las principales glándulas endocrinas se encuentran:

- Hipotálamo
- Hipófisis
- Epífisis
- Tiroides
- Paratiroides
- Suprarrenales
- Ovarios
- Testículos

1.2.1. Hipotálamo e hipófisis

El hipotálamo es la porción del diencéfalo que forma el suelo, parte lateral del tercer ventrículo, y elabora hormonas llamadas “factores hipotalámicos de liberación y de inhibición”. El hipotálamo regula el balance calórico y diversas funciones adaptativas.

La hipófisis o glándula pituitaria es un pequeño órgano de menos de 1 cm de diámetro y aproximadamente 0,5 g de peso que se halla dentro de la silla turca de la base del cerebro y está unida al hipotálamo por el tallo hipofisario o pituitario.



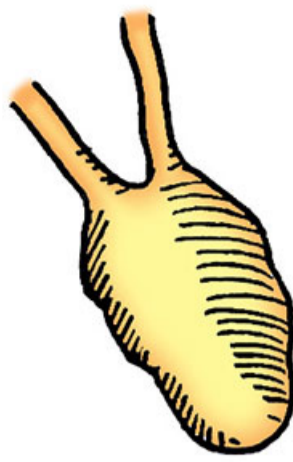
Hipotálamo e hipófisis.
Imagen de elaboración propia

El hipotálamo y la hipófisis conforman un sistema denominado eje, de manera que las secreciones hipotalámicas llegan a la hipófisis anterior gracias a las conexiones vasculares, mientras que las conexiones nerviosas enlazan los núcleos hipotalámicos con la hipófisis posterior.

La unidad hipotalamohipofisaria regula, a través de la hipófisis posterior, el balance hídrico y algunos componentes de la función reproductora, y, a través de la hipófisis anterior, el estado metabólico, la función reproductora, el crecimiento, el estrés y el ejercicio físico, entre otros.

1.2.2. Epífisis

La melatonina (MT) es la hormona que sintetiza la glándula pineal, siendo este órgano el que sincroniza la liberación de la misma con las fases de luz-oscuridad. La epífisis o glándula pineal es un órgano cónico de 5-9 mm de diámetro y 10-100 mg de peso situado detrás del ventrículo cerebral.

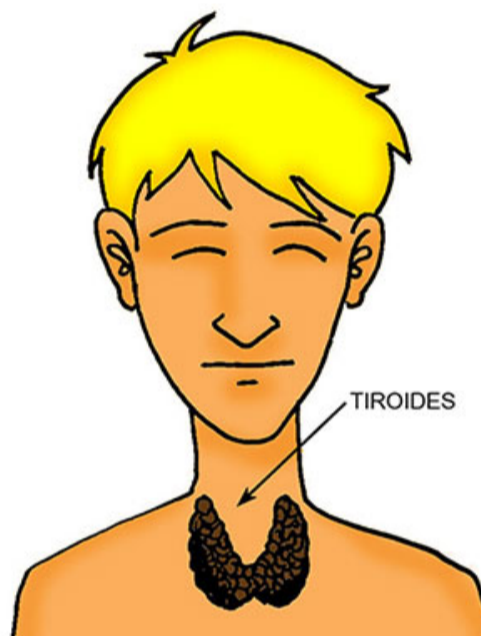


Epíffisis.

Imagen de elaboración propia

1.2.3. Tiroides

Dicha glándula se encuentra formada por folículos tiroideos, constituyendo una esfera de tirocitos, y llena de sustancia coloide, siendo la que regula el metabolismo del cuerpo; es productora de proteínas y regula la sensibilidad del cuerpo a otras hormonas. La glándula tiroides es un órgano que pesa unos 15-30 g en el adulto, situado en la región anterior del cuello y formado por dos lóbulos simétricos, a los lados de la tráquea y de la faringe, unidos por el istmo. En ella se produce la hormona tiroidea.

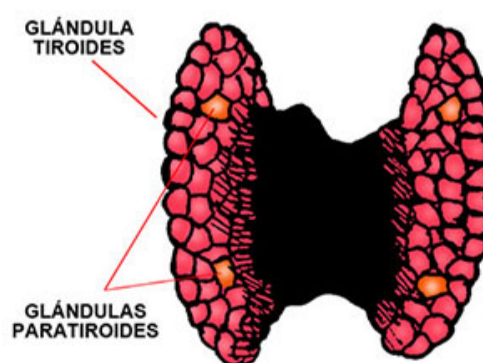


Tiroides.

Imagen de elaboración propia

1.2.4. Paratiroides

Dichas glándulas están rodeadas por una cápsula y están formadas por tres tipos de células: oxifílicas, claras y principales, siendo estas últimas las encargadas de producir la hormona paratiroidea, parathormona (PTH), la cual participa en el control de la homeostasis del calcio y del fosfato, así como estimula la reabsorción ósea y la formación de hueso nuevo. Las glándulas paratiroides tienen forma elipsoide plana (4 x 5 mm) y pesan unos 40 mg cada una. Se encuentran por detrás de los lóbulos tiroideos, existiendo por lo general dos pares de glándulas paratiroides.

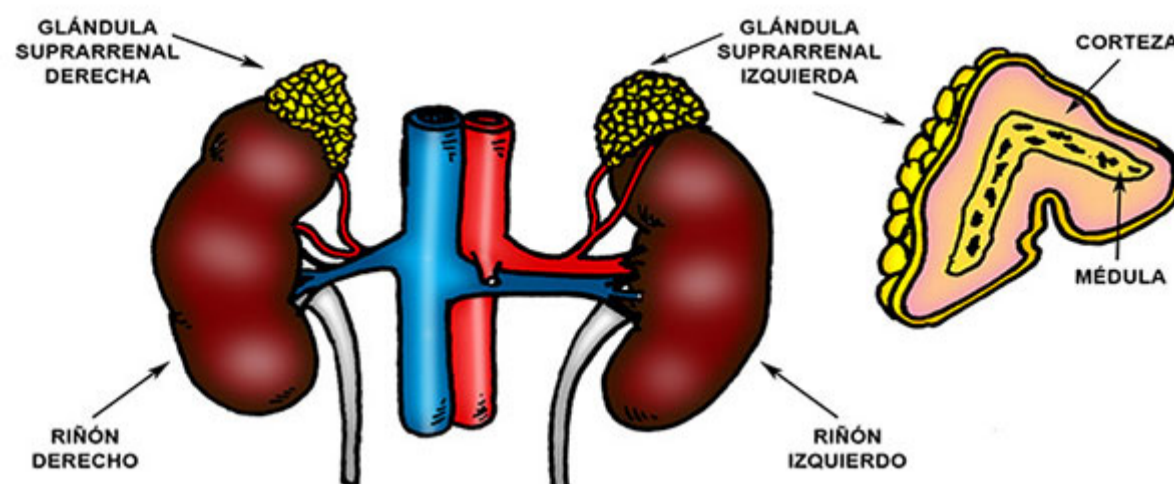


Paratiroides

Imagen de elaboración propia

1.2.5. Suprarrenales

Las glándulas suprarrenales se ubican junto a cada riñón, en la parte superior, y presentan dos regiones diferenciadas: la corteza y la médula.



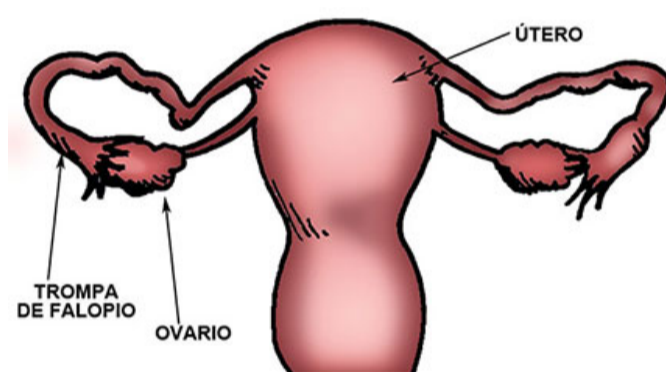
Suprarrenales.

Imagen de elaboración propia

En la corteza se sintetizan hormonas esteroideas y en la médula se sintetizan catecolaminas, por lo que la principal función de estas glándulas es la de regular las respuestas al estrés.

1.2.6. Ovarios

Los ovarios son las gónadas femeninas, productoras de óvulos y secretoras de hormonas sexuales; están constituidos por dos cuerpos ovalados (4 x 3 x 1) alojados en la pelvis a ambos lados del útero.

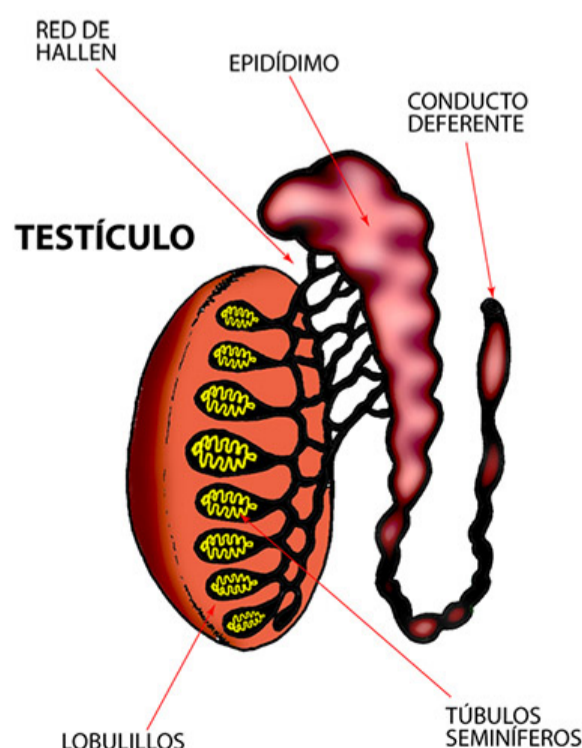


Ovarios.

Imagen de elaboración propia

1.2.7. Testículos

Dicho órgano presenta dos compartimentos: las células de Leyding, productoras de andrógenos, y los túbulos seminíferos, responsables de la espermatogénesis. Los testículos son las gónadas masculinas, productoras de los espermatozoides y de hormonas sexuales; son dos, y se hallan en el interior de la bolsa escrotal en la región perineal.



Testículos.

Imagen de elaboración propia

1.3. Principales hormonas del sistema endocrino

Las principales hormonas secretadas por las glándulas endocrinas se muestran en la tabla I (Guillén del Castillo y Pardo Arquero, 2002), así como sus acciones principales.

HIPOTÁLAMO	
HORMONA SECRETADA	ACCIÓN PRINCIPAL
Hormona liberadora de hormona tiroestimulante (TRH)	Estimula la secreción de hormona tiroestimulante (TSH) y prolactina (PRL)
Hormona liberadora de hormona del crecimiento (GHRH)	Estimula la liberación de la hormona del crecimiento (GH). La liberación de GHRH puede producirse en situaciones de ejercicio físico
Hormona liberadora de corticotropina (CRH)	Estimula la liberación de corticotropina (ACTH)
Hormona liberadora de gonadotropina (Gn-RH) o liberadora de hormona luteinizante (LHRH)	Estimula la liberación de la hormona luteinizante (LH) en mayor grado que la foliculoestimulante (FSH)
Hormona inhibidora de la liberación de hormona del crecimiento (GHRH) o somatostatina (SS o SRIF)	Inhibe la liberación de una extensa variedad de hormonas, destacando la hormona del crecimiento (GH), la hormona tiroestimulante (TSH), la insulina y el glucagón
Dopamina (DA)	Amina responsable de inhibir la secreción de prolactina (PRL)

HIPÓFISIS	
HORMONA SECRETADA	ACCIÓN PRINCIPAL
Hormona del crecimiento (GH) o somatotropina (SH)	Produce el crecimiento de casi todas las células y tejidos corporales
Adrenocorticotropina (ACTH)	Hace que la corteza suprarrenal secrete hormonas corticosuprarrenales
Hormona estimulante de la glándula tiroides (TSH)	Hace que la glándula tiroides secrete tiroxina y triyodotironina
Hormona foliculoestimulante (FSH)	Causa el crecimiento de los folículos ováricos antes de la ovulación y fomenta la formación de espermatozoides en el testículo
Prolactina (PRL)	Fomenta el desarrollo de las mamas, incrementa el instinto maternal y actúa sobre el metabolismo y el balance hídrico
Hormona antidiurética (ADH) o vasopresina (VP)	Fomenta que los riñones retengan agua, con lo que se incrementa su contenido en el organismo. Además, en grandes concentraciones produce vasoconstricción y eleva la presión arterial. El estrés estimula su liberación
Oxitocina (OT)	Estimula la excitabilidad y la contracción uterina. También contrae las células mioepiteliales de las mamas con la succión y estimula los movimientos peristálticos del intestino

EPÍFISIS	

HORMONA SECRETADA	ACCIÓN PRINCIPAL
EPÍFISIS	
HORMONA SECRETADA	ACCIÓN PRINCIPAL
Melatonina (MT)	Influye en el ritmo circadiano e induce respuestas estacionales a los cambios de fotoperiodo. Está relacionada con el sistema inmune y posee acción antioxidante.

TIROIDES	
HORMONA SECRETADA	ACCIÓN PRINCIPAL
Tiroxina (T4) y triyodotironina (T3)	Regulan la síntesis de diversas proteínas que intervienen en el crecimiento y en la maduración y además poseen un efecto calorígeno y también sobre la membrana plasmática que permite regular el flujo transcelular de sustratos, vitaminas y otras hormonas
Calcitonina (CT)	Fomenta el depósito de calcio en los huesos y disminuye su concentración en el líquido extracelular

PARATIROIDES	
HORMONA SECRETADA	ACCIÓN PRINCIPAL
Parathormona (PTH)	Regula la concentración de iones calcio en el líquido extracelular, al regular la absorción de calcio desde el intestino, la reabsorción de calcio por el riñón y la liberación de calcio desde los huesos

SUPRARRENALES	
HORMONA SECRETADA	ACCIÓN PRINCIPAL
Cortisol	Tiene múltiples funciones para regular el metabolismo de proteínas, carbohidratos y grasas
Aldosterona	Reduce la excreción renal de sodio y aumenta la de potasio
Catecolaminas	Refuerzan el volumen cardíaco, la vasoconstricción y la <u>lipólisis</u>

OVARIOS	
HORMONA SECRETADA	ACCIÓN PRINCIPAL
Estrógenos	Estimulan el desarrollo de los caracteres secundarios femeninos (crecimiento mamario, distribución de grasa corporal en muslos y caderas y desarrollo de los genitales internos y externos)

OVARIOS	
HORMONA SECRETADA	ACCIÓN PRINCIPAL
Progestágenos	Permiten mantener la gestación y posibilitan la implantación del óvulo fecundado

TESTÍCULOS	
HORMONA SECRETADA	ACCIÓN PRINCIPAL
Testosterona	Estimula el crecimiento de los órganos sexuales y fomenta el desarrollo de los caracteres sexuales

1.4. Respuesta hormonal ante el ejercicio físico

El ejercicio físico en sí mismo no determina la respuesta hormonal, aunque sí determina variaciones en la producción, por lo que son las propias necesidades de la célula muscular activa las que provocan los cambios orgánicos, de manera que una persona entrenada tiene una respuesta hormonal más baja que una persona no entrenada a una determinada intensidad de ejercicio.

De esta manera, cabe indicar que hormonas como la del crecimiento (GH), la prolactina (PRL), la adrenocorticotropina (ACTH) y el cortisol experimentan un aumento en el transcurso de la actividad física (Guillén del Castillo y Pardo Arquero, 2002). Del mismo modo, encontramos un aumento de las catecolaminas, del glucagón y de la testosterona, así como un descenso de la insulina (Ortega Sánchez-Pinilla, 1992).

Las catecolaminas contribuyen a la realización del ejercicio físico produciendo efectos sobre órganos como el corazón, aumentando el gasto cardíaco a través de una aceleración de la frecuencia cardíaca y de un aumento de la contracción del miocardio; sobre los vasos, contrayendo y dilatando las venas y las arterias según las necesidades; sobre los pulmones, produciendo una broncodilatación; sobre el metabolismo, aumentando la glucogenolisis hepática y muscular; sobre las glándulas sudoríparas, aumentando el sudor para eliminar el exceso de calor; y sobre el páncreas, inhibiendo la insulina.

El aumento de las hormonas del crecimiento, del glucagón y del cortisol está relacionado con el metabolismo de los hidratos de carbono y los lípidos durante el esfuerzo. Por su parte, el aumento de la testosterona quizás esté relacionado con la fuerza y la resistencia de las contracciones musculares.

Respecto a la disminución de la insulina, se piensa que sirve para disminuir la síntesis de glucógeno en el hígado, para disminuir el consumo de glucosa de los tejidos inactivos durante el esfuerzo y para interrumpir la inhibición del metabolismo de los ácidos grasos libres y permitir la lipólisis de tejido adiposo.

Por otro lado, podemos indicar que la práctica de ejercicio físico puede alterar los niveles de producción de T3 y T4, debiendo tenerse en cuenta el tipo de ejercicio, así como su intensidad, sobre todo ante situaciones de hipertiroidismo, puesto que dicho trastorno presenta como efecto hormonal la fragilidad en los huesos. De esta manera, el ejercicio aeróbico disminuye dichos niveles hormonales, pero ante una práctica de actividad física intensa, el tiempo de recuperación de los valores hormonales es mayor (Aguilar Chasipanta et al., 2017).

2. Ciclo menstrual: Características, influencia en la práctica de actividad físico-deportiva, menarquia, amenorrea primaria y secundaria

2.1. Concepto

El ciclo menstrual es el período durante el cual el ovocito madura, se expulsa con la ovulación y pasa a la trompa uterina (Moore y Persaud, 2008). Los estrógenos y la progesterona son las hormonas causantes de cambios endometriales mensualmente, constituyendo el ciclo endometrial, llamado ciclo menstrual o período, porque la menstruación es muy evidente.

2.2. Características del ciclo menstrual

Los períodos menstruales en la mayoría de las mujeres no son regulares, pues aunque se estiman unos veintiocho días, la mayoría tiene un ciclo que varía entre los veintiséis y los treinta y cuatro días (Cherry, 1999), o veintitrés y treinta y cinco días (Moore y Persaud, 2008).

Del mismo modo, cabe indicar que la ovulación suele ocurrir el catorceavo día después del primer día de flujo menstrual, aunque si tenemos en cuenta la variación del ciclo mencionada anteriormente, la ovulación se lleva a cabo catorce días antes de la menstruación, independientemente del primer día de flujo menstrual.

[Enlace a recurso reproducible >> https://www.youtube.com/embed/1WFfTXLu2Xc](https://www.youtube.com/embed/1WFfTXLu2Xc)

Ciclo menstrual.

Video publicado por Atlas de Reproducción Asistida alojado en [Youtube](#)

2.3. El ciclo menstrual y la actividad física. Menarquia, amenorrea primaria y secundaria

La menarquia es la aparición en la niña de su primera menstruación, ocurriendo por lo general entre los diez y los dieciséis años de edad (Casanueva, Roselló-Sobreón y Unikel, 2008).

En cambio, la amenorrea es una ausencia de la función menstrual, considerada como síntoma y no como enfermedad, de manera que deben darse alguno de los siguientes criterios para considerarla (Herrero-Gámiz, Kazlauskas y Bajo Arenas, 2009):

- No existencia de menstruaciones a los catorce años de edad, acompañada de un retraso del desarrollo de los caracteres sexuales secundarios, o bien si han pasado ya más de dos años desde el inicio de la aparición de estos.
- Ausencia de menstruación a los dieciséis años, independientemente del crecimiento y del desarrollo de los caracteres sexuales secundarios.
- Una vez establecidos los ciclos menstruales, la desaparición de al menos tres de ellos o ausencia de menstruación por un periodo de seis meses.

Los dos primeros casos son denominados amenorreas primarias, y el tercero amenorrea secundaria, siempre y cuando se descarte el embarazo, que es la primera causa de amenorrea fisiológica.

Aunque parece no existir un patrón claro que relacione el rendimiento y la fase del ciclo menstrual, la frecuencia de los trastornos de reglas es directamente proporcional a la intensidad y duración de la actividad física (Guillén del Castillo y Pardo Arquero, 2002). El ejercicio intenso puede provocar un retraso en la aparición de la menarquia en algunas jóvenes, así como amenorrea secundaria (González Aramendi, 2003) y trastornos menstruales (Herrero-Gámiz, Kazlauskas y Bajo Arenas, 2009).

De esta manera, podemos indicar que la incidencia de la amenorrea es más elevada en las mujeres que empezaron entrenamientos intensivos en la época prepuberal, así como la amenorrea secundaria se da con mayor frecuencia en mujeres con antecedentes de irregularidad menstrual, en nulíparas y antes de los treinta años (Guillén del Castillo y Pardo Arquero, 2002). Los posibles factores causantes de la amenorrea en las mujeres deportistas son anomalías en los transmisores hipotalámicos y cambios en la producción de esteroides estrogénicos debido a la disminución de la masa adiposa.

Es por ello, según Márquez (2010), por lo que en ocasiones estos diversos factores, tales como entrenamientos intensivos, unidos a la importancia que la mujer le da a la pérdida de peso, desencadenan trastornos alimentarios que disminuyen la disponibilidad de energía, reduciendo por consiguiente el peso y la masa corporal, aspectos que hacen aparecer irregularidades en el ciclo menstrual (oligomenorrea) o cese de la menstruación (al menos tres meses consecutivos) y se presenta la osteoporosis (Beals y Manore, 2002). Este conjunto es denominado *triada de la atleta femenina*, o *triada femenina*, dado que en ocasiones aparece en población general físicamente activa.

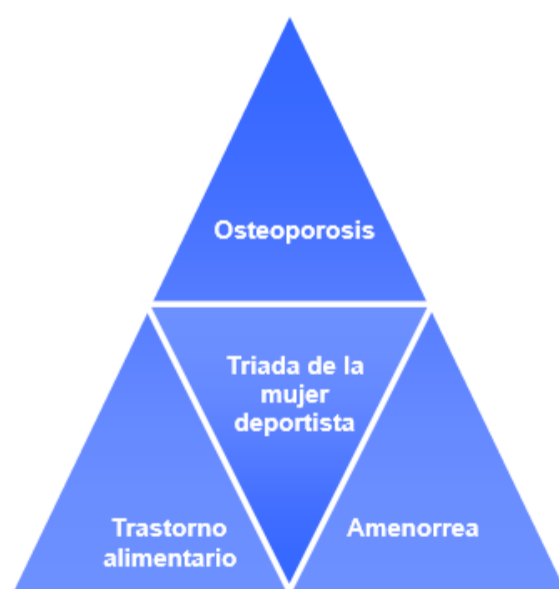


Figura 1. Triada de la atleta femenina.

Imagen de elaboración propia

3. Sistema digestivo: Anatomía y fisiología básica

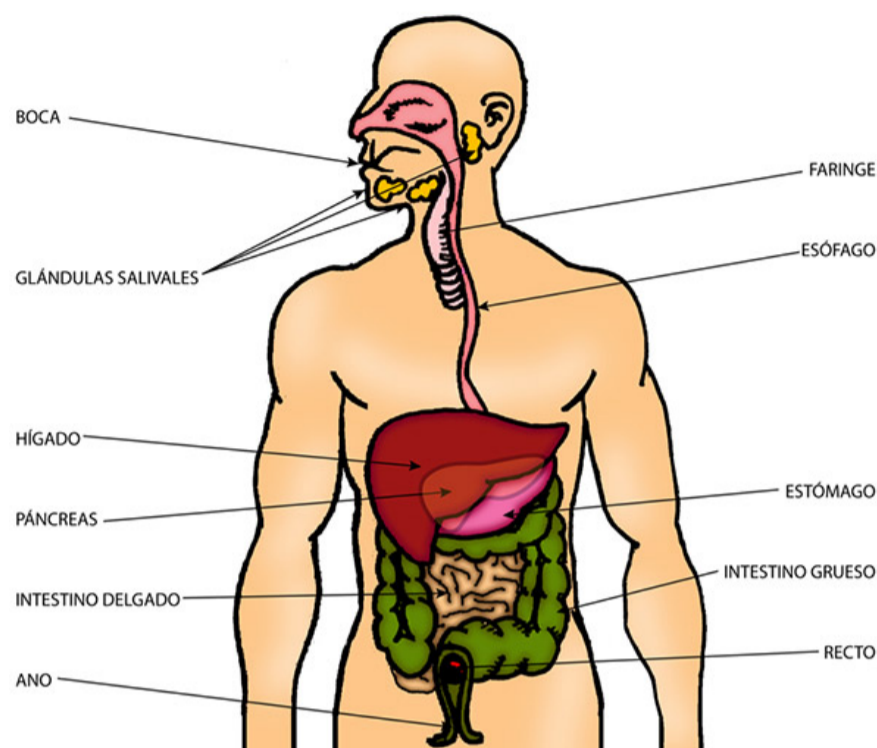
3.1. Concepto

El sistema digestivo está constituido por un conjunto de órganos relacionados con el proceso de digestión y absorción de nutrientes. De esta manera, podríamos decir que es un tubo con una estructura fundamentalmente muscular, comenzando en la boca y finalizando en el ano, en cuyo transcurso presenta una serie de glándulas especiales que vierten sus productos a dicho tubo (Lantero Navarro y Guillén del Castillo, 2002).

3.2. Anatomía del sistema digestivo

El sistema digestivo está constituido por la boca, las glándulas salivales, la faringe, el esófago, el estómago, las glándulas anejas (hígado, vesícula biliar y páncreas), el intestino delgado, el intestino grueso, el recto y el ano.

Las funciones que lleva a cabo son fundamentalmente la digestión, transformación de los alimentos en compuestos fácilmente absorbibles y absorción de los productos de la digestión (Huguet Ballester, 1998).

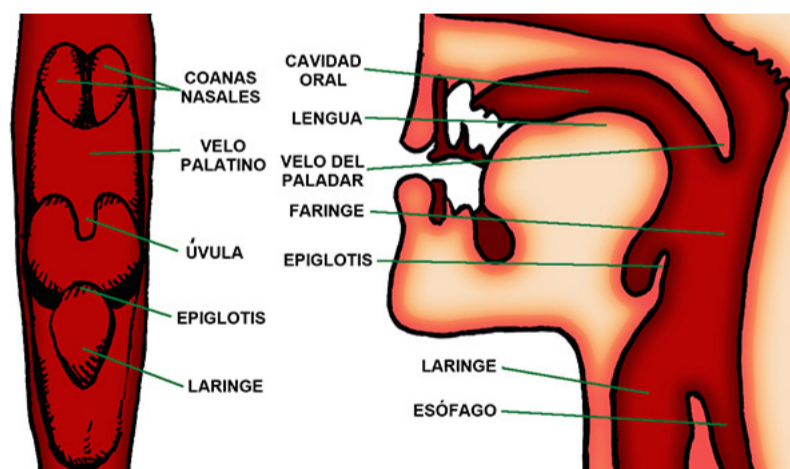


Anatomía del sistema digestivo.

Imagen de elaboración propia

3.2.1. La cavidad bucal

Está constituida por los dientes (cuatro incisivos, dos caninos, cuatro premolares y seis molares en cada maxilar; es decir, treinta y dos piezas), la bóveda palatina (paladar duro), el piso de la boca, el velo del paladar (paladar blando), la úvula o campanilla y la lengua, que está separada del exterior por los labios.

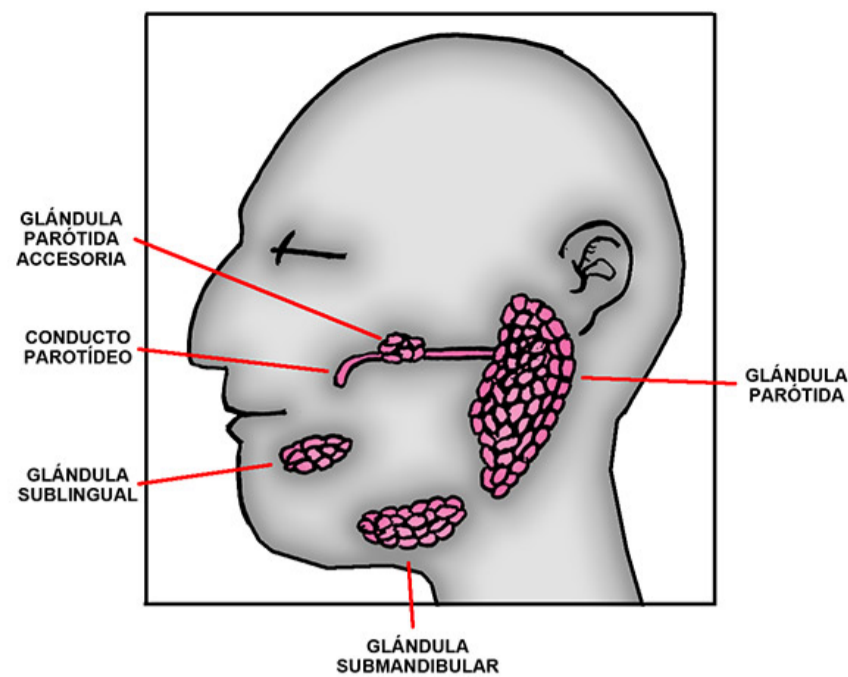


Cavidad bucal.

Imagen de elaboración propia

3.2.2. Las glándulas salivales

Están constituidas por tres pares de glándulas tubuloalveolares, las responsables de producir la saliva, siendo estas las parótidas, las submaxilares y las sublinguales.

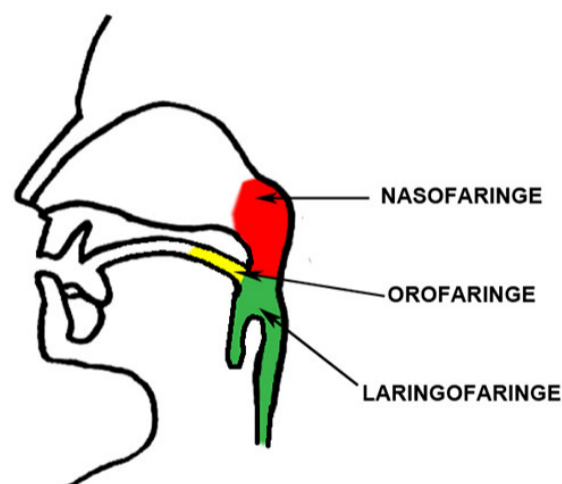


Glándulas salivales.

Imagen de elaboración propia

3.2.3. La faringe

Cavidad que se divide en tres partes: faringe nasal o nasofaringe, faringe bucal u orofaringe y faringe laríngea o laringofaringe. Entre sus funciones nos encontramos que forma parte del proceso de deglución, contribuye a la modulación de la voz, humedece y calienta el aire inspirado y participa en la audición.

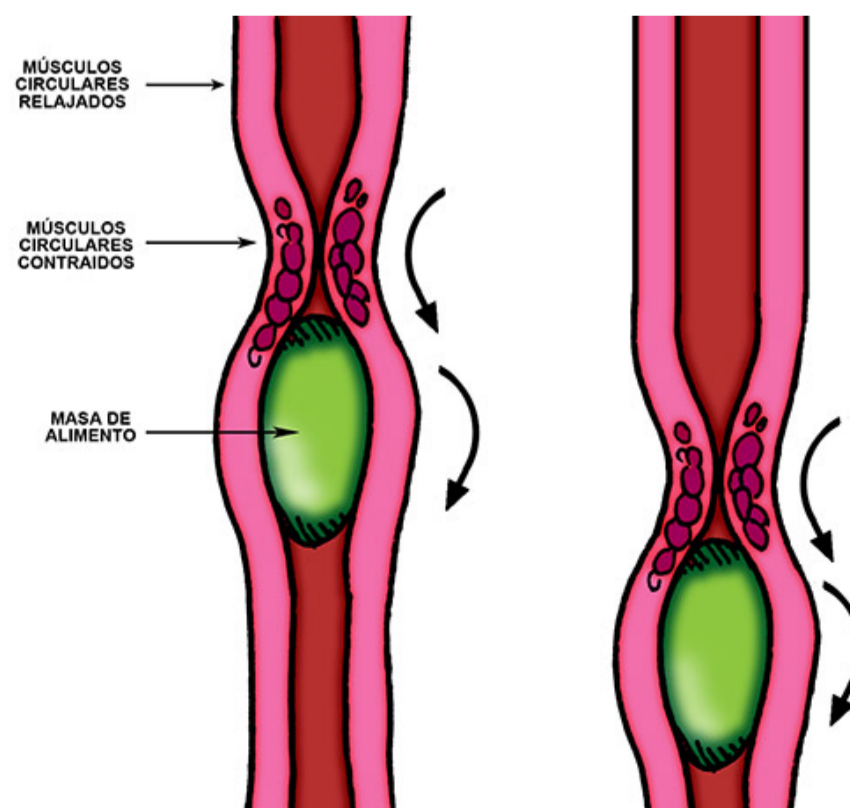


Faringe.

Imagen de elaboración propia

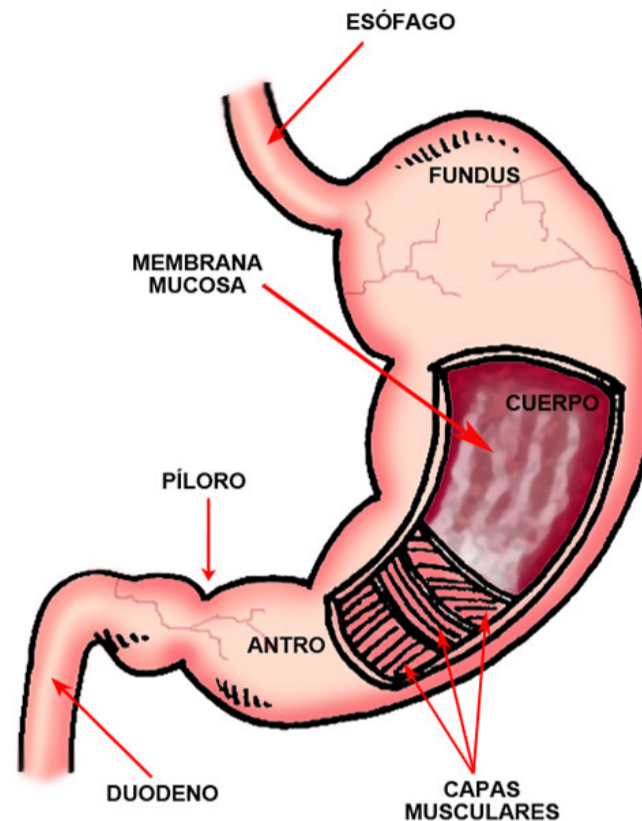
3.2.4. El esófago

Porción del tubo digestivo de aproximadamente treinta centímetros, y cuya función es trasladar el bolo alimenticio hacia el estómago mediante el movimiento peristáltico.



3.2.5. El estómago

En el interior del estómago existen tres tipos de glándulas gástricas, unas secretan enzimas digestivas (pepsina), otras ácido clorhídrico y factor intrínseco, y por último, otras secretan moco (caliciformes) que conforman el jugo gástrico. Órgano principal de la digestión con forma de “gaita gallega”, ubicado en la porción superior izquierda de la cavidad abdominal, justo debajo del diafragma. El esófago desemboca en el estómago a través del cardias. Suele tener una capacidad de uno a un litro y medio y cuenta con tres partes: fundus, cuerpo y antro, atrio o región pilórica, que acaba en el píloro.



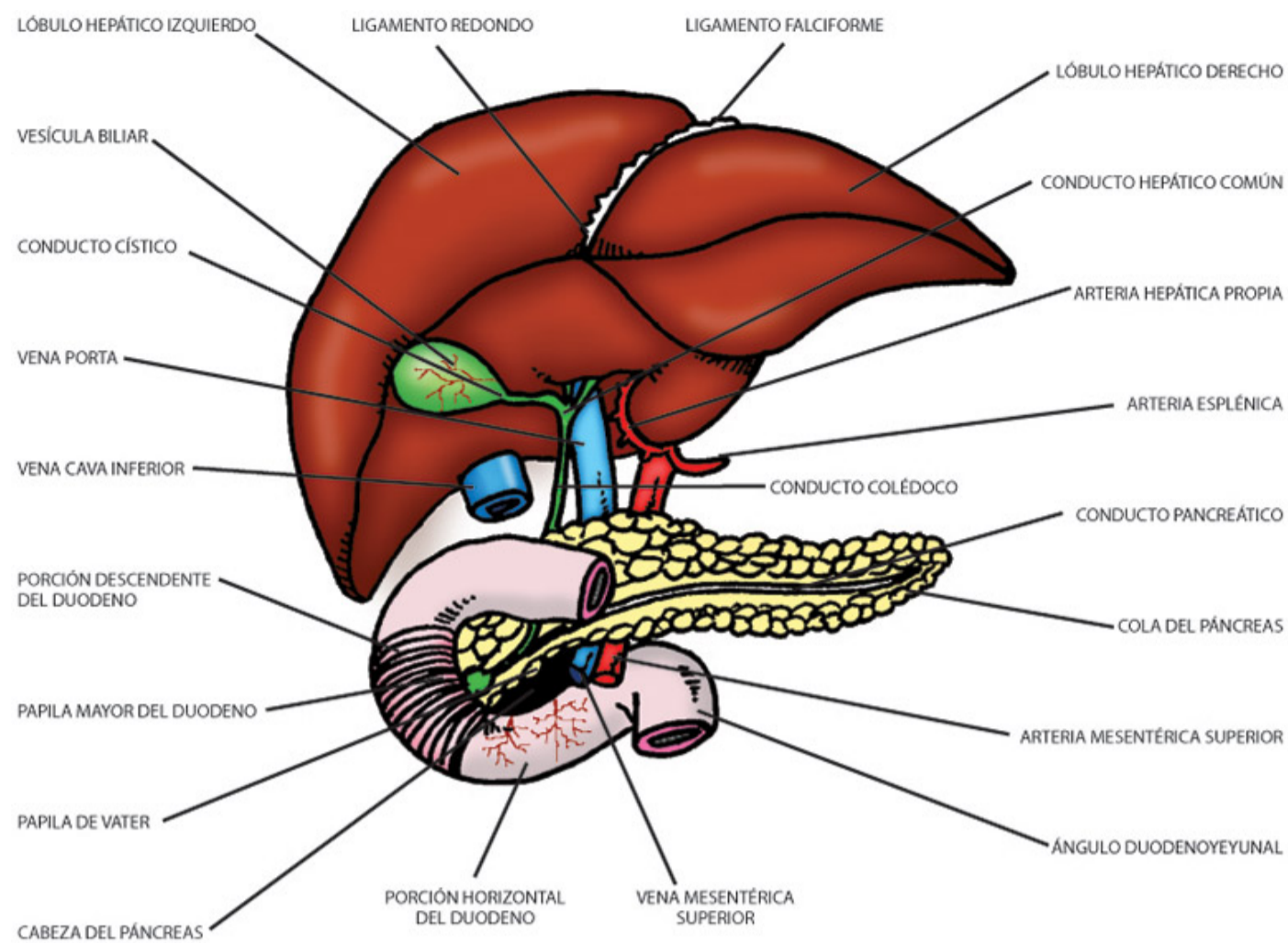
Estómago.

3.2.6. Las glándulas anejas

Son glándulas unidas al estómago y vitales para el proceso digestivo y hormonal: el hígado, la vesícula biliar y el páncreas.

El hígado es la mayor glándula del cuerpo, con un peso de entre un kilo y medio y dos en el adulto, localizada en la región superior del abdomen y que secreta la bilis (0,5 l/día), la cual es almacenada (30 a 50 ml) en la vesícula biliar. Entre sus funciones cabe indicar que interviene en la mayoría de los procesos metabólicos y de síntesis del organismo, así como que tiene funciones desintoxicantes y de depósito (glucógeno, hierro, vitaminas A, B₁₂ y D, etc.).

El páncreas, situado detrás del estómago y en el extremo superior del intestino delgado, se asemeja a una glándula salival; secreta el jugo pancreático al intestino delgado, así como la insulina y el glucagón.

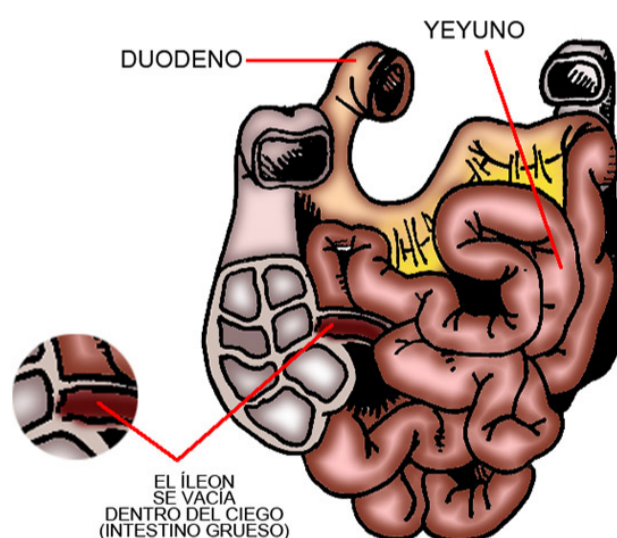


Glándulas anejas.

Imagen de elaboración propia

3.2.7. El intestino delgado

Una de sus funciones es la de secretar el jugo intestinal a través de las glándulas intestinales, así como absorber los productos básicos para la alimentación del organismo. Es un tubo de unos 3 cm de diámetro y 7 m de largo, que se divide en tres zonas: duodeno (primeros 25 cm), yeyuno (2 m de largo) e íleon (5 m de largo). Su extremo se une al ciego por medio de la válvula ileocecal.

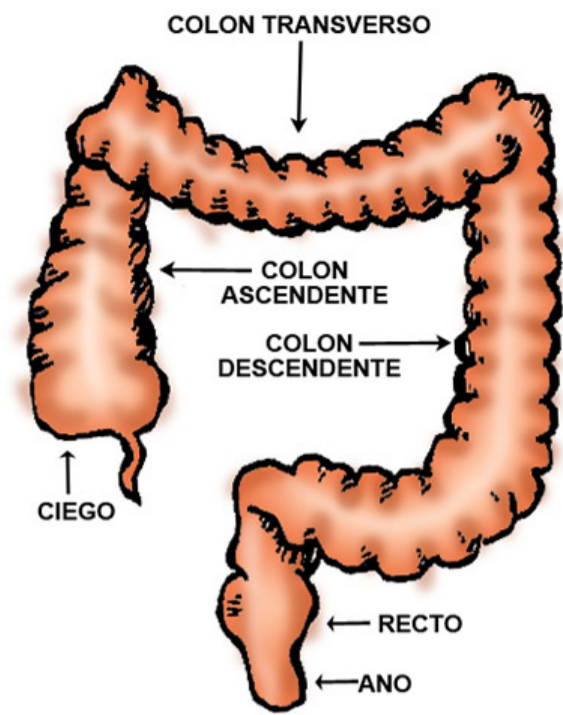


Intestino delgado.

Imagen de elaboración propia

3.2.8. El intestino grueso

Del ciego, extremo cerrado del intestino grueso, se proyecta un pequeño saliente de unos 8-10 cm denominado apéndice vermiforme. El intestino grueso, o colon, es más corto y ancho que el intestino delgado, midiendo unos 7 cm de diámetro y 1,5 m de largo. La porción derecha se conoce como colon ascendente, la superior como colon transverso y la izquierda como colon descendente; su extremo inferior se convierte en el colon sigmoide, por su forma en S.

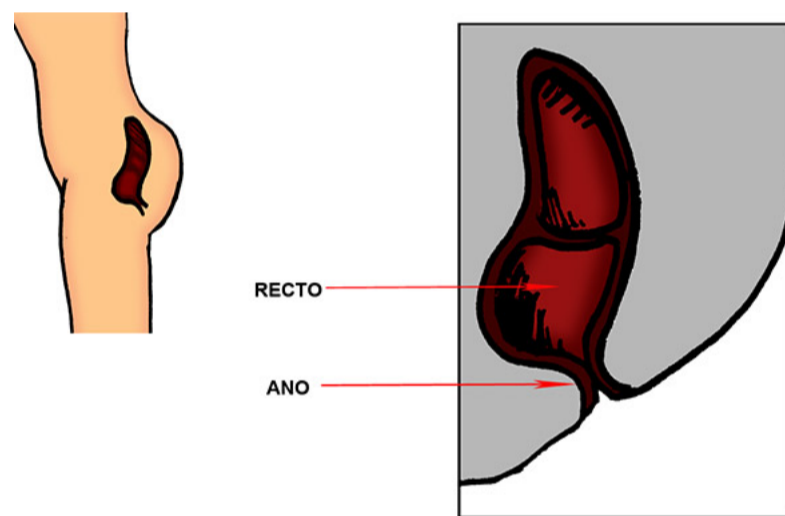


Intestino grueso.

Imagen de elaboración propia

3.2.9. El recto

El recto atraviesa el canal o conducto anal en la parte terminal, estando rodeado por el esfínter externo del ano, que controla la continencia de la materia fecal. Se denomina así a los últimos 17-20 cm del tubo digestivo, siendo este un tubo muscular.



Recto y ano.

Imagen de elaboración propia

3.2.10. El ano

Es el orificio de salida de las heces, constituido por una serie de esfínteres musculares y unos repliegues terminales de tejido mucosal, funcionando a modo de válvula.

3.3. Fisiología del sistema digestivo

El proceso digestivo tiene lugar a medida que el bolo alimenticio pasa por el tubo digestivo, sufriendo las siguientes transformaciones químicas (Lantero Navarro y Guillén del Castillo, 2002):

- Todo el proceso de digestión comienza en la boca, donde una enzima salival (ptialina o amilasa salival) comienza la hidrólisis del almidón convirtiéndolo en maltosa.
- En el jugo gástrico, la pepsina actúa sobre las proteínas, y el ácido clorhídrico ayuda a la pepsina, disuelve los minerales, destruye bacterias de los alimentos y regula la acción del píloro.
- La bilis incrementa la acción digestiva de la enzima pancreática lipasa, así como neutraliza la acidez, dado que es de carácter básico.
- El jugo pancreático ([alcalino](#)) actúa sobre el ácido clorhídrico y sobre los tres tipos de nutrientes orgánicos, con enzimas tales como la tripsina, que continúa el desdoblamiento enzimático de las proteínas iniciado en el estómago, transformando las peptonas en péptidos; la ptialina, que convierte el almidón en maltosa, y la lipasa, que separa las grasas en ácidos grasos y glicerina, sustancias que pueden ser utilizadas por las [células somáticas](#).
- El jugo intestinal (alcalino) termina de neutralizar los ácidos gástricos y contiene cuatro enzimas: la erepsina, que completa la digestión de las proteínas transformando en aminoácidos los péptidos formados por el jugo pancreático; la maltasa, que convierte la maltosa en glucosa, siendo esta el producto final de la digestión de los carbohidratos; la lactasa, que convierte la lactosa en glucosa y galactosa, y la sucrasa, que convierte la sacarosa en glucosa y fructosa.

El control de la secreción de las glándulas digestivas comienza cuando existe comida en el tracto digestivo, o cuando esta se ve, huele o imagina, mediante complejos reflejos nerviosos y hormonales (prostaglandina), de ahí que se produzcan la secreción salival, la secreción gástrica, la secreción pancreática, la secreción biliar y la intestinal.

Por último, indicar que la absorción final del alimento digerido se produce en el intestino delgado, donde se encuentran las vellosidades intestinales, en cuyo interior hay vasos sanguíneos (arterias y venas) y linfáticos que sirven para aproximar la sangre y la linfa a dicho alimento. Sin embargo, la absorción de gran parte del agua se produce en el colon, pasando a los tejidos.

4. Metabolismo energético: ATP y principales vías metabólicas

4.1. El metabolismo energético

El metabolismo energético es la parte del metabolismo celular destinado a almacenar y consumir combustible para cubrir las necesidades energéticas del organismo (Meléndez Hevia, 2011), usándose el principal consumo de combustibles en el músculo para soportar el ejercicio físico y en el tejido adiposo para producir calor.

De esta manera, podemos decir que el objetivo básico del metabolismo es formar ATP, NADH y precursores de las macromoléculas (Martínez de Haro y García Soidán, 2002).

4.2. El ATP y las principales vías metabólicas

El ATP (adenosín trifosfato) es una molécula formada por la unión de una ribosa, una adenina y tres fosfatos, estando estos últimos unidos por enlaces de alta energía.

1 ATP = 7,305 kcal 38 ATP = 277,6 kcal

Las moléculas de ATP pueden utilizarse como fuente última de energía para la contracción de la fibra muscular, y dado que la reserva dentro la fibra es muy limitada, es necesario reponer la reserva de ATP para la resíntesis (Mirella, 2001). Es por ello por lo que el ATP es conocido como la moneda energética para poder satisfacer las necesidades requeridas para el movimiento.

El proceso de resíntesis del ATP se desarrolla a través de tres vías de obtención de energía, las cuales tienen características diferentes pero se utilizan de forma complementaria en función de la intensidad y la duración del ejercicio muscular, por lo que es importante destacar que el uso de una de las tres vías es predominante sobre otro, pero no exclusivo, dependiendo de las características del ejercicio mencionadas.

Así pues, nos encontramos con las siguientes vías de obtención de energía (Mirella, 2001):

4.2.1. Vía anaeróbica aláctica. Hidrólisis de la fosfocreatina

Esta vía es también conocida como vía de los fosfágenos ([sistema ATP-PC](#)) y se basa en resintetizar ATP a partir de la fosfocreatina (PC), pues la cantidad de ATP almacenado en el músculo es muy reducida, pudiéndose mantener el ejercicio entre 3 y 6 segundos, momento en el que se agotan los depósitos musculares de ATP.

Las reservas de ATP y PC pueden mantener las necesidades de energía durante un ejercicio intenso de quince a treinta segundos (Martínez de Haro y García Soidán, 2002), momento en el que el músculo depende de otra vía (glucolítica anaeróbica predominantemente) para obtener ATP.

4.2.2. Vía anaeróbica láctica. Glucólisis anaeróbica

Esta vía es también conocida como sistema anaeróbico, glicólisis o vía Embden-Meyerhoff, siendo el mecanismo de obtención de energía de una forma rápida una vez que se agotaron las reservas de moléculas energéticas ATP-PC (a partir de los treinta segundos y hasta los tres minutos), por lo que se utiliza la glucosa para obtener energía.

Por cada molécula de glucosa se obtienen 2 ATP y [ácido láctico](#) como producto de degradación, teniendo en cuenta que entre el minuto y medio y los tres minutos el proceso es mixto (aeróbico-anaeróbico) (Martínez de Haro y García Soidán, 2002).

$\text{Glucosa} + \text{P}_i + 2 \text{ ATP} + 2 \text{ NAD}^+ \rightarrow 2 \text{ lactatos} + 4 \text{ ATP} + 2 \text{ NADH} + 2 \text{ H}^+$

4.2.3. Sistema aeróbico. Glucólisis aeróbica

Este sistema se basa en la oxidación de los hidratos de carbono, las grasas, los aminoácidos y el ácido pirúvico (procedente de la vía anaeróbica); en presencia de oxígeno en el [Ciclo de Krebs](#) en las [mitocondrias](#).

La producción de energía a través de este sistema está limitada por la capacidad del organismo de suministrar el oxígeno necesario, así como de tener disponibles glúcidos.

Así pues, ante la realización de ejercicio a una intensidad moderada, los procesos anaeróbicos intervienen para producir energía hasta que el sistema aeróbico pueda cubrir la demanda energética y a su vez elimine el ácido láctico producido por la vía anaeróbica al inicio del ejercicio.

Dichas oxidaciones producen la siguiente cantidad de energía (Martínez de Haro y García Soidán, 2002):

- Oxidación completa de los hidratos de carbono (glucosa): 36-38 ATP.
- Beta-oxidación de las grasas: más de 400 ATP.
- Oxidación de aminoácidos: solo se utilizan en casos extremos y cuya cantidad de ATP depende del lugar de las reacciones aeróbicas.

5. Adaptaciones de los diferentes sistemas implicados en el ejercicio físico

El sistema respiratorio, junto con el sistema cardiovascular, proporciona una adecuada cantidad de oxígeno a los músculos activos durante la realización del ejercicio físico, pero podemos indicar que en el sistema cardiocirculatorio se producen las siguientes adaptaciones, en función de la carga de trabajo (Carvajal Parrondo, Díez de Terán y Martín Pastor, 2002):

- Incremento de la cavidad ventricular y un espesor normal de la pared ventricular, implicando un mayor volumen diastólico y sistólico en sujetos entrenados en resistencia.
- Pared ventricular más gruesa en sujetos entrenados en actividades de potencia.
- Disminución de la frecuencia cardíaca basal en condiciones de reposo (bradicardia).
- El volumen sistólico experimenta un incremento en reposo como adaptación al entrenamiento.
- Aumento tanto del volumen sanguíneo como de la hemoglobina.
- Reducción de la presión arterial en reposo tras el entrenamiento; cabe señalar que ante ejercicios máximos la presión arterial media y la diastólica pueden descender, pero no la sistólica.
- Ligera disminución del flujo sanguíneo coronario en reposo y durante la realización de ejercicios con intensidad submáxima.

No obstante, de manera más específica, según Salinas (2007, pp. 104-105) se producen las siguientes adaptaciones cardiovasculares:

- En reposo, como consecuencia de llevar a cabo un entrenamiento aeróbico:
 - Aumento del tamaño del corazón.
 - Reducción de la frecuencia cardíaca en reposo.
 - Aumento del volumen de eyección sistólica.
 - Mayor volumen de sangre bombeada por latido y mayor volumen sanguíneo total
 - Reducción de la presión sanguínea.
 - Aumento de la densidad capilar.
- Durante un ejercicio submáximo, como consecuencia de llevar a cabo un entrenamiento aeróbico:
 - Reducción de la frecuencia cardíaca.
 - Aumento del volumen de eyección sistólica.
 - Leve reducción del gasto cardíaco.
- Durante un ejercicio máximo, como consecuencia de llevar a cabo un entrenamiento aeróbico:
 - Frecuencia cardíaca máxima.
 - Aumento del volumen de eyección sistólica.
 - Incremento del gasto calórico.
 - Reducción de la resistencia periférica total máxima.
 - Aumento del flujo sanguíneo hacia los músculos esqueléticos activos.
 - Aumento de la extracción de oxígeno total por el cuerpo (diferencia arteriovenosa de oxígeno).
 - Incremento del consumo de oxígeno.
- Durante la recuperación, tras un entrenamiento aeróbico:
 - Disminución de la frecuencia cardíaca, recuperándose el corazón más rápidamente.

Glosario

Glándula

Órgano cuya función es producir una secreción que puede verse a través de la piel o de las mucosas, como las glándulas salivales, o al torrente sanguíneo, como el tiroides.

Hormonas

Sustancias específicas producidas por ciertos órganos o grupos celulares (glándulas endocrinas) que son transportadas normalmente por el torrente sanguíneo hasta otras partes del organismo, donde actúan ejerciendo un determinado control sobre el metabolismo de otros órganos o células.

Diencéfalo

Región anatómica del cerebro que se encuentra entre el tronco encefálico y los hemisferios cerebrales.

Istmo

Estrechamiento que separa dos elementos.

Tirocitos

Células responsables de la secreción de hormonas tiroideas.

Lipólisis

Catabolismo de grasas.

Glucogenolisis

Proceso catabólico llevado a cabo sobre el glucógeno para la obtención de glucosa.

Hepática

Relativa al hígado.

Metabolismo

Conjunto de reacciones bioquímicas y procesos físico-químicos que ocurren en una célula y en el organismo.

Lípido

Cada uno de los compuestos orgánicos que resultan de la esterificación de alcoholes, como la glicerina y el colesterol, con ácidos grasos.

Lipólisis

Proceso metabólico mediante el cual los lípidos del organismo son transformados para producir ácidos grasos y glicerol para cubrir las necesidades energéticas.

Ovocito

Óvulo inmaduro, o célula huevo.

Menstruación

Desprendimiento del endometrio y sangre por la vagina desde el útero.

Prepuberal

Edad comprendida entre los 11 y los 13 años.

Nulípara

Mujer que no ha tenido hijos mediante parto vaginal.

Oligomenorrea

Alteración del ciclo menstrual que dura más de lo habitual, con una duración mayor de 45 días pero menor de 6 meses.

Bóveda palatina

Pared superior de la cavidad bucal integrada por los huesos de los maxilares superiores y los huesos palatinos.

Velo del paladar

Tejido blando situado en la parte posterior del paladar que termina en el pliegue denominado úvula.

Deglución

Proceso de tragar los alimentos y, en general, de hacer pasar de la boca al estómago cualquier sustancia sólida o líquida.

Movimiento peristáltico

Movimiento de contracción realizado por el esófago y los intestinos de manera rítmica para hacer descender los alimentos.

Cardias

Esfínter que controla el paso de los alimentos hacia el estómago e impide la salida de los productos ácidos del estómago hacia el esófago.

Píloro

Esfínter de salida del estómago que evita el vaciado continuo de material alimentario del intestino delgado.

Alcalino

Que contiene álcali, un hidróxido metálico muy soluble en el agua que se comporta como una base fuerte.

Células somáticas

Aquellas que conforman el crecimiento de los tejidos y órganos de un ser vivo.

ATP

Adenosín trifosfato.

NADH

Nicotinamida adenina dinucleótido.

PC

Fosfocreatina. Molécula de creatina fosfolizada, la cual es una importante almacenadora de energía en el músculo esquelético.

Ácido láctico

Compuesto orgánico producido de forma natural por nuestro organismo, siendo al mismo tiempo un subproducto y un combustible para el ejercicio físico.

Ciclo de Krebs

Ruta metabólica en la que se suceden una serie de reacciones químicas que forman parte de la respiración celular en todas las células aeróbicas.

Mitocondrias

Orgánulos celulares que suministran la mayor parte de la energía necesaria para la actividad celular.

Referencias bibliográficas

- Aguilar Chasipanta, W.G., Barquin Zambrano, C.R., Jordán Sánchez, J.W., Espinoza Álvarez, E.I., Bayas Cano, A.G. y Vaca García, M.R. Efectos del deporte sobre la glándula tiroides. *Revista Cubana de Investigaciones Médicas*, 2017, 36 (3), 1-10.
- Beals, K. y Manore, M. Disorders of the female athlete triad among collegiate athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 2002, 281-293.
- Carvajal Parrondo, A.; Díez de Terán, M. y Martín Pastor, Á. Sistema cardiovascular y actividad física. En: M. Guillén del Castillo y D. Linares Girela, *Bases biológicas y fisiológicas del movimiento humano* (pp. 253-277). Madrid: Médica Panamericana, 2002.
- Casanueva, E.; Roselló-Sobreón, M. E. y Unikel, C. Alimentación y nutrición del adolescente. En: E. Casanueva, M. Kaufer-Horwitz; A. B. Pérez-Lizaur y P. Arroyo, *Nutrición Médica* (pp. 119-140). Madrid: Médica Panamericana, 2008.
- Cherry, S. *El cuidado de la salud femenina*. México: Pax México, 1999.
- González Aramendi, J.M. *Actividad física, deporte y vida: beneficios, perjuicios y sentido de la actividad física y del deporte*. Bilbao: Fundación Oreki, 2003.
- Guillén del Castillo, M. y Pardo Arquero, V.P. Sistema endocrino y actividad física. En: M. Guillén del Castillo, & D. Linares Girela, *Bases biológicas y fisiológicas del movimiento humano* (pp. 197-222). Madrid: Médica Panamericana, 2002.
- Herrero-Gámiz, S.; Kazlauskas, S. y Bajo Arenas, J. Alteraciones menstruales por defecto. Amenorreas. En: J. Bajo Arenas; J. Lailla Vicens y J. Xercavins Montosa, *Fundamentos de ginecología* (pp. 51-62). Madrid: Médica Panamericana, 2009.
- Huguet Ballester, J. Alteraciones digestivas. En: X. Fuentes Arderiu; M. Castiñeiras Lacambra y J. Queralto Compañó, *Bioquímica clínica y patología molecular* (pp. 871-896). Barcelona: Reverté, 1998.
- Lantero Navarro, J. M. y Guillén del Castillo, M. Anatomía y fisiología de otros sistemas implicados en la actividad física. En: M. Guillén del Castillo y M. Linares Girela, *Bases biológicas y fisiológicas del movimiento humano* (pp. 297-325). Madrid: Médica Panamericana, 2002.
- Márquez Rosa, S. Trastornos de la conducta alimentaria en relación con la actividad física y el deporte. En: S. Márquez Rosa, & N. Garatachea Vallejo, *Actividad física y salud* (pp. 454-468). Madrid: Díaz de Santos, 2010.
- Martínez de Haro, V. y García Soidán, J. Metabolismo energético. En: M. Guillén del Castillo y D. Linares Girela, *Bases biológicas y fisiológicas del movimiento humano* (pp. 241-252). Madrid: Médica Panamericana, 2002.
- Meléndez Hevia, E. *Instituto del metabolismo celular. Sociedad para la investigación en bioquímica, biología molecular y nutrición*, [Disponible en web](#) [Consultado el 24/04/2013].
- Mirella, R. *Las nuevas metodologías de entrenamiento de la fuerza, la resistencia, la velocidad y la flexibilidad*. Barcelona: Paidotribo, 2011.
- Moore, K. L. y Persaud, T. *Embriología Clínica*. Barcelona: Elsevier, 2008.
- Salinas, N. *Manual para el técnico de sala de fitness*. Barcelona: Paidotribo, 20
- Ortega Sánchez-Pinilla, R. *Medicina del ejercicio físico y del deporte para la atención a la salud*. Madrid: Díaz de Santos, 1992.

Bibliografía recomendada

- Barbany, J. R. *Fisiología del ejercicio físico y del entrenamiento*. Barcelona: Paidotribo, 2012.
- Lantero Navarro, J. M. y Guillén del Castillo, M. Anatomía y fisiología de otros sistemas implicados en la actividad física. En: M. Guillén del Castillo y M. Linares Girela, *Bases biológicas y fisiológicas del movimiento humano* (pp. 297-325). Madrid: Médica Panamericana, 2002.
- Márquez Rosa, S. Trastornos de la conducta alimentaria en relación con la actividad física y el deporte. En: S. Márquez Rosa y N. Garatachea Vallejo, *Actividad física y salud* (pp. 454-468). Madrid: Díaz de Santos, 2010.
- Martínez de Haro, V. y García Soidán, J. Metabolismo energético. En: M. Guillén del Castillo y D. Linares Girela, *Bases biológicas y fisiológicas del movimiento humano* (pp. 241-252). Madrid: Médica Panamericana, 2002.

Créditos

Título	Adaptaciones de los diferentes sistemas implicados en el ejercicio físico madurativos de la infancia
Autoría	Juan Antonio Corral Pernía, Fátima Chacón Borrego

Aviso Legal

Las páginas externas no se muestran en la versión imprimible

<http://www.juntadeandalucia.es/educacion/permanente/materiales/index.php?aviso#space>