

INSTITUTO SUPERIOR

DE

ESQUI Y SNOWBOARD

MATERIA:

BASES Y FUNDAMENTOS PE LA
FISIOLOGIA DEL EJERCICIO

Autor: Dr. Roberto Vitale

Curso de Entrenadores

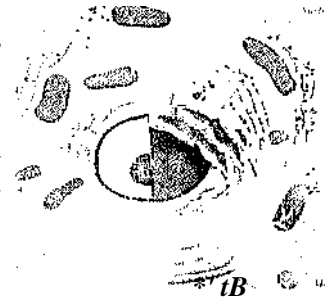
Bases y Fundamento de la Fisiología del Ejercicio

Temario: 1.- La Célula y Los Tejidos.

2. - Medio Interno y Homeostasis.
3. “ Sistema Neuroendocrino.
4. - Sistemas Energéticos.
5. - Adaptaciones al Ejercicio.

1.- La Célula.

“Es la menor unidad estructural y funcional de materia de todos los seres vivos y que además puede llevar una existencia independiente y reproducirse espontáneamente.”



Cada célula es una unidad autónoma y parcialmente independiente, rodeada por una membrana que controla el paso de materiales hacia el interior y hacia el exterior. Esto hace que difiera química y estructuralmente del medio circundante. Todas las células contienen un centro de información y control en el cual se localiza el material genético. Poseen además variedad en su estructura interna; las organelas son similares o idénticas de una

célula a otra en una amplia gama de tipos celulares. Las células están compuestas de los mismos tipos, notablemente escasos de átomos y moléculas.

Existe una gran diversidad de tipos celulares, de diferentes tamaños, formas y estructuras. Fundamentalmente la forma de las células está relacionada con la función que ésta lleve a cabo.

A pesar de que existen aproximadamente 4 millones diferentes de especies celulares, todas poseen un mismo Sistema de Organización, la única diferencia es que varían en sus formas, según su función; por ejemplo:

Musculares: estriado - liso - cardíaco

Epiteliales: absorptivas, secretoras, ciliares

Oseas: osteoblasto, osteoclasto, progenitoras

Nerviosas: neuronas, Purkinje *Sanguíneas:* gl.

Rojo, gl. Blancos, plaquetas *Conectivo:*
fibroblastos, adipocitos

Las células contienen una multitud de estructuras (organelas), especializadas en forma y función para desempeñar actividades particulares, en forma cooperativa e independiente. Cada célula debe desempeñar los mismos procesos:

- 9 Adquirir y asimilar alimento o Eliminar desechos
- ® Sintetizar nuevos materiales celulares
- ® Moverse
- Reproducirse

Las células comparten tres características básicas

- Están rodeadas de una membrana llamada **membrana plasmática** o celular, que separa a la célula de su medio ambiente externa y a través de la cual se realizan distintos intercambios. **Consiste en una estructura lipoproteica que sirve como barrera selectiva entre el citoplasma** de la célula y su medio ambiente inmediato
- * Núcleo, estructura rodeada por una membrana (membrana nuclear), contiene el material genético en los cromosomas.
- ® **Citoplasma**, contienen las organelas. Esta surcado por miles de filamentos proteicos enlazados en una trama, el cito esqueleto, que dan sostén a las organelas y son responsables de la forma celular y de los movimientos realizados por muchas células. El citoplasma esta formado por distintas sustancias, principalmente agua (70-75%) y Proteínas, Hidratos de carbono, Lípidos y Minerales. Dentro del citoplasma se encuentran las siguientes organelas: lisosomas, Aparato de Golgi, Retículo endoplasmático liso y rugoso, ribosomas, citoesqueleto y **mitocondrias**.

Mitocondrias

Organela celular, que funciona como la central energética que suministra energía a la célula mediante el proceso de respiración aeróbica (ciclo de krebs y fosforilación oxidativa).

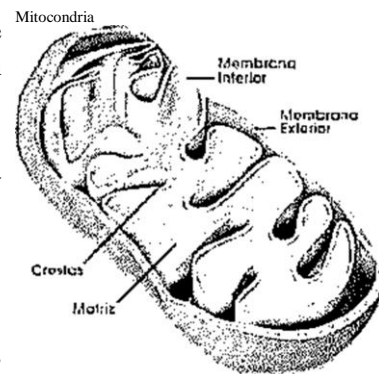
(ver 5- Sistemas Energéticos)

Están formadas por dos membranas (interna y externa), las cuales van a delimitar dos espacios mitocondriales internos:

® **Espacio intermembrana:** cadena respiratoria de electrones.

- **Matriz:** ciclo de krebs.

La morfología y el número varían de una mitocondria a otra. Las células con un elevado nivel de metabolismo, son más grandes y poseen una estructura serpenteada.



1. - Los Tejidos

Hemos analizado la célula como si fuera única o existiera aislada pero en realidad, por lo general, las células no viven así. Se unen en conjuntos inmensos y armoniosos para constituir tejidos, órganos, etc.

Cuando un ser humano (o un animal) se desarrolla, la mayoría de sus células se especializan de un modo determinado; su aspecto y su estructura se diversifican en mayor o menor grado y aparece en ellas la capacidad para desempeñar una o más funciones de manera especialmente eficiente. Estos cambios tienden a hacer aparecer en ellas características fijas e irreversibles, es decir, una vez que una célula se ha especializado no puede luego cambiar y tomar una especialización diferente.

Un tejido puede definirse como un conjunto de células en el que cada una de ellas colabora con las demás en el desempeño de una función determinada. Así mismo el órgano es un conjunto de tejidos que colaboran mutuamente para realizar una función de mayor envergadura. En los tejidos simples todas las células son del mismo tipo, mientras que los llamados tejidos compuestos agrupan células de dos o más tipos diferentes. Los tejidos más comunes son los tejidos epitelial y conjuntivo. Además de estos se cuenta otros muchos más especializados como el tejido nervioso, muscular y el sanguíneo. A su vez, estos se subdividen según las distintas funciones que cumplen sus células.

2. - Medio Interno y Homeostasis.

Fisiología: Es la ciencia que estudia los procesos físico - químicos responsables del origen, desarrollo y progresión de la vida.

Medio Interno: Medio líquido donde se encuentran todos los nutrientes que las células precisan para el mantenimiento de la vida celular.

Homeostasis: Conjunto de mecanismo mediante los cuales un ser vivo logra mantener las propiedades de su medio interno, adaptándose al medio.

Todos los sistemas desde la función que cumplen, llevan a cabo procesos homeostáticos que tienen como finalidad mantener las constantes fisiológicas y de esta manera preservar el Medio Interno dentro de rangos compatibles con la vida. En el momento que alguno de los sistemas no logra hacerlo, las constantes se mueven hasta los extremos (enfermedad) llegando al punto de la claudicación de los otros sistemas y de si mismo (muerte)

3. - Sistema Nervioso.

Cada movimiento del cuerpo, desde el mas energético hasta el mas imperceptible, esta controlado por el sistema nervioso. La percepción de los estímulos internos y externos, las sensaciones que ellos provocan y la comunicación continua entre los organismos y el medio también dependen de él. Este complejo sistema también es responsable de los mecanismos del pensamiento y del aprendizaje.

Organización del Sistema Nervioso

El sistema nervioso consta de varios sub-sistemas, según la ubicación de sus componentes, el tipo de funciones que coordinan y los mecanismos a través de los cuales actúan. Las señales electroquímicas, estas señales se transmiten a través de las vías nerviosas a velocidades de hasta 400 kilómetros por hora; esta rapidez le permite al organismo elaborar respuestas en apenas milésimas de segundos después de percibidos los estímulos.

Sistema nervioso periférico (*Vías nerviosas*)

Vías sensitivas
(desde el sistema nervioso
periférico hacia el central)

Sistema nervioso central

(*encéfalo y médula espinal*)
Vías motoras (desde
el sistema nervioso central
hacia el periférico)
por el tipo de respuesta y los músculos que controla

Sistema nervioso somático
(*inerva los músculos
esqueléticos, controla los
movimientos voluntarios*)

Sistema nervioso autónomo
(*inerva los músculos lisos, el
cardíaco y las glándulas*)

*por las características de sus vías nerviosas y el
efecto que producen!*

Sistema nervioso simpático (*por lo general
estimula la actividad del tejido u órgano
que controla*)

Sistema nervioso parasimpático (*ajusta un
efecto inhibitor sobre la actividad del
tejido u órgano que controla*)

El **tejido nervioso** esta constituido por células altamente especializadas denominadas **neuronas**. Las **fibras nerviosas** son prolongaciones de estas células que pueden tener de hasta 30 centímetros de longitud. Las señales que viajan a través de ellas se conocen como **impulsos nerviosos**.

El **sistema nervioso** humano es altamente complejo y se caracteriza por que el tamaño del **encéfalo** en relación al del cuerpo es el mayor entre todas las especies. El gran desarrollo del **cerebro** es el responsable de la capacidad de razonar, de memorizar, de sentir emociones, de imaginar y de realizar gran variedad de actividades, muchas de ellas con el alto grado de precisión.

Componentes del sistema nervioso

- ® **Encéfalo:** Esta constituido por cien millones de **neuronas**, se encuentra protegido por los huesos que componen el cráneo. El **cerebro**, de un peso aproximado a los 1300 g., ocupa el 80% del volumen encefálico. Al igual que en la médula espinal, es posible diferenciar la llamada sustancia gris (cuerpo de la neuronas) y blanca (prolongaciones de las células nerviosas).
- **Fibras nerviosas:** Están agrupadas en haces que conforman los nervios.
- **Medula espinal:** su forma es cilíndrica, con un diámetro de un centímetro aproximadamente. Se encuentra en el interior de las vértebras, a lo largo de la columna vertebral. La sustancia gris se encuentra rodeada por la sustancia blanca.

La Neurona:

Es la unidad funcional del sistema nervioso, por ellas pasan los impulsos nerviosos.

Transmisión del impulso nervioso

Las señales que se transmiten desde el cuerpo celular a lo largo del axón son impulsos eléctricos, mientras que la comunicación entre una neurona y otra es de naturaleza química: se establece mediante la secreción de sustancias que fluyen a través del pequeño espacio que hay entre ellas (espacio sináptico). Este tipo de conexión, en el cual la terminación de un axón libera **neurotransmisores** que son recibidos por una dendrita o por un sector del cuerpo celular, se denomina **sinapsis**.

El **impulso nervioso** se inicia cuando las neuronas responden a un estímulo liberado **neurotransmisores**. Estos mensajeros químicos provocan un cambio en la membrana del axón, que desencadena la transmisión de señales eléctricas. Los neurotransmisores también pueden actuar como inhibidores, retrasando o deteniendo la transmisión de un impulso.

Transmisión de las señales eléctricas:

En el axón, el impulso nervioso se prolonga a lo largo de la **membrana celular**. Esta posee proteínas específicas que permiten mantener una diferencia entre la composición química del interior de la célula y la del medio externo. La diferencia mas importante esta dada por la concentración de **iones sodio** y **potasio** a un lado y al otro de la membrana, lo que a su vez determina diferencias de potencial eléctrico.

Transmisión de las señales químicas:

En el **núcleo** y los **ribosomas**, ubicados solamente en el cuerpo de las neuronas, se lleva a cabo la síntesis de neurotransmisores y de las proteínas necesarias en las fibras que deben ser transmitidas a lo largo de las mismas. Los neurotransmisores que actúan en la sinapsis se trasladan, encerrados en vesículas, desde el cuerpo celular hasta las determinaciones del axón, donde son liberados.

Las dendritas y los cuerpos celulares poseen receptores en sus membranas. Al unirse el neurotransmisor se desencadena en ellas la transmisión de las señales eléctricas hacia el axón. Si el axón termina en un músculo, el neurotransmisor liberado provoca la contracción muscular.

El sistema nervioso central

Esta formado por el encéfalo y la médula espinal, que tienen por función reunir la información sensitiva recibida de las diversas estructuras que lo constituyen, procesarlas y transmitir dicha información hasta las **vías nerviosas** que controlan los tejidos efectores del organismo, es decir, aquellos que ejecutaran la respuesta: los **músculos** y

las **glándulas**.

El encéfalo: El encéfalo está constituido básicamente por el **tallo cerebral**, el **cerebelo** y el **cerebro**.

Tallo cerebral: contiene grupos de **cuerpos neuronales** que controlan funciones tales como el **latido cardíaco** y la **respiración**. También se encuentran allí **neuronas sensoriales** y motoras que transmiten señales desde y hacia la piel y los músculos de la cabeza. Por el **tallo cerebral** pasan todas las fibras nerviosas que comunican a la medula espinal con los centros de las partes superiores del cerebro. Debido a que muchas de estas fibras se entrecruzan allí, las señales que entran y salen de un lado del cerebro controlan funciones del lado opuesto del cuerpo.

Cerebelo: está formado por dos **lóbulos** cuya superficie presenta profundos pliegue. Trabaja junto con los órganos del equilibrio ubicados en el oído interno; su función principal es controlar los movimientos y la posición del cuerpo. Actúa modificando y coordinando los impulsos que provienen de los centros motores del cerebro y de las terminaciones nerviosas de los músculos.

Cerebro: El cerebro es el órgano más voluminoso del encéfalo. Tiene una fina capa de **sustancia gris** en el exterior, **sustancia blanca** por debajo de esta y una serie de núcleos grises inmersos en la sustancia blanca. Se diferencian dos **hemisferios**, separados por una hendidura longitudinal. La **corteza cerebral**, de 0.5 cm. de espesor, presenta pliegues (circunvoluciones) y está formada por los cuerpos celulares de las neuronas, conocidas como **sustancia gris**.

Una franja de la **corteza cerebral** controla específicamente las funciones sensitivas y la otra, paralela a ésta, las **funciones motoras**. Cada una de las secciones de estas áreas se asocian con una parte del cuerpo. Además de las áreas relacionadas con la **corteza motora** y **sensorial**, existen otras específicas para la **visión**, la **audición**, el **tacto**, el **olfato** y para el **habla**. En la corteza motora y sensorial, cada hemisferio es un imagen especular del otro: el hemisferio izquierdo controla y recibe la información del hemisferio derecho y viceversa. Los **centros del habla** se encuentran en solo en un hemisferio, generalmente en el izquierdo.

Los hemisferios cerebrales no son iguales entre sí, algunas funciones son privativas del hemisferio derecho y otras del izquierdo. El hemisferio izquierdo se especializa en la **lógica** y en los **símbolos**; el derecho en la **percepción espacial** y en la **capacidad creativa**.

Por debajo de la corteza cerebral se encuentra la sustancia blanca, que es la masa de fibras neuronales a través de las cuales se establecen las conexiones entre los centros nerviosos de la corteza cerebral y otras regiones del cerebro. Las fibras nerviosas del cerebro se interconectan y originan estructuras, que se diferencian por su aspecto y por las señales que transmiten. Una de ellas es el **cuerpo calloso**, que une y comunica los hemisferios cerebrales.

En el interior del cerebro existen ventrículos donde se elabora y almacena el Líquido cefalorraquídeo. Este líquido pasa hacia el espacio que existe entre el cráneo y el encéfalo, y a la medula espinal. Amortigua los golpes o movimientos bruscos que pudiera sufrir encéfalo.

Por arriba del **tallo cerebral** se encuentra el **hipotálamo** y el **tálamo**, regiones que actúan como reguladoras del funcionamiento del organismo. El tálamo mantiene el equilibrio emocional; el hipotálamo regula los procesos metabólicos y trabaja asociado con el **sistema endocrino**.

El encéfalo está cubierto por tres membranas (cuya función es proteger al frágil tejido nervioso y alojar la red de vasos sanguíneos que lo irrigan) llamados **meninges**.

LA MEDULA ESPINAL

Es la principal vía de comunicación del sistema nervioso: a través de ella se transmite información entre el encéfalo y el sistema nervioso periférico. La sustancia blanca, ubicada en su periferia, es el conjunto de fibras nerviosas. Un grupo de ellas conduce información de las zonas periféricas del cuerpo hacia zonas superiores de la medula y del encéfalo (fibras sensitivas), y otras en el sentido inverso (fibras motoras).

A lo largo de la medula espinal se ramifican los nervios de a pares. Cada nervio tiene dos raíces; la raíz delantera o ventral solo transmite impulsos motores, la posterior o dorsal transmite impulsos sensoriales. En conjunto forman nervios raquídeos, que son mixtos (motores y sensoriales).

Además de permitir la comunicación entre el encéfalo y los nervios, la medula espinal es capaz de

elaborar respuestas en las cuales se necesita una acción rápida, antes de que el mensaje llegue al cerebro. Este mecanismo de defensa involuntario se denomina acto reflejo; el recorrido del impulso nervioso (desde la percepción del estímulo hasta la respuesta) se llama arco reflejo.

En el arco reflejo intervienen varias estructuras: un receptor sensorial origina un impulso, que es conducido por las dendritas de las neuronas sensitivas; una neurona sensitiva ubicada en el ganglio espinal; una neurona motora presente en la sustancia gris de la médula; y el axón de estas neuronas que transmiten el impulso nervioso hasta el órgano efector.

Existen otros actos reflejos cuyos centros se encuentran en otras regiones del encéfalo, como el reflejo pupilar o el reflejo de la micción, que se produce cuando la vejiga está ocupada por la orina.

Sistema nervioso periférico

El sistema nervioso periférico (SNP) está conformado por el conjunto de fibras nerviosas que comunican todos los tejidos corporales con el sistema nervioso (SNC). Las que transmiten impulsos desde el SNC son neuronas *eferentes o motoras*, las que llevan señales en el sentido inverso son neuronas *sensitivas o aferentes*.

Las fibras motoras y la contracción muscular

Cuando el impulso nervioso llega a la terminal ramificada de la fibra motora, se produce la liberación de neurotransmisores, principalmente el llamado acetilcolina. Este mensajero difunde desde los botones sinápticos, a través del espacio sináptico, hasta el músculo. La acetilcolina estimula la contracción del músculo. El neuro transmisor pierde rápidamente su actividad, por acción de una enzima que lo degrada. Esto hace posible el control del movimiento: si llega otro impulso nervioso, la acetilcolina se activa nuevamente y la contracción muscular continúa; pero, cuando dejan de transmitirse impulsos, el músculo vuelve al estado de relajación.

El Sistema Nervioso Somático

Las vías motoras de este sistema controlan los movimientos de los músculos esqueléticos, por lo que se lo asocia con las respuestas voluntarias. Sin embargo, ciertos movimientos de estos músculos, como los actos reflejos no dependen de la voluntad.

Sistema Nervioso Autónomo.

El sistema nervioso autónomo (SNA) funciona en forma involuntaria y controla las funciones de las glándulas, corazón, pulmones, y músculos lisos (producen el movimiento de los órganos).

El SNA puede tanto estimular como inhibir la acción de los órganos efectores. Existen dos grandes grupos de fibras: las simpáticas y las parasimpáticas. Estos dos tipos de fibras también se diferencian por los neurotransmisores que liberan hacia los músculos o las glándulas que controlan: la noradrenalina es el mensajero químico de las fibras simpáticas y la acetilcolina de las fibras parasimpáticas.

Las funciones de ambas divisiones del sistema nervioso autónomo son antagónicas y se llevan a cabo en total relación con las glándulas endocrinas. Su actividad hace posible el mantenimiento de la homeostasis.

3. - Sistema Endocrino:

Los controles necesarios para lograr el equilibrio del cuerpo son llevados a cabo por el **sistema endocrino** y el **sistema nervioso**. Esto permite considerarlos como componentes de un sistema más complejo: el *neuroendocrino*. Para facilitar su comprensión se los estudia separados.

Está formado por una serie de glándulas distribuidas en el cuerpo, que sintetizan y secretan las hormonas. Éstas viajan luego por la sangre u otros fluidos corporales hacia las células donde ejercen su acción (*células blanco*). También se llama tejido u *órgano blanco* a los que están regulados por hormonas.

Las glándulas son endocrinas o exocrinas según donde viertan las sustancias que secretan: **o** Los productos de las **glándulas exocrinas** son transportados por conductos especiales (por ejemplo, las glándulas *sudoríparas, mamarias y digestivas*).

® Las **glándulas endocrinas** secretan las hormonas hacia los fluidos extracelulares y desde allí se difunden al torrente sanguíneo, para ser transportados hacia los tejidos blancos (por ejemplo, las glándulas *hipófisis, suprarrenales y tiroides*).

El mecanismo de control del sistema endocrino es menos veloz que el del sistema nervioso, ya que la circulación sanguínea es más lenta que la transmisión de impulsos nerviosos. Su efectividad radica en la seguridad de sus mecanismos de control, ya que las hormonas son específicas para cada proceso y células o tejido blanco. Otra característica que le da seguridad es su capacidad de autocontrol, a través de mecanismos de retroalimentación positiva o negativa. La retroalimentación negativa es la más común, controla los procesos de la función endocrina.

Componentes del sistema Endocrino **Hipotálamo:**

es una parte del cerebro que conecta el sistema nervioso y el endocrino. Se comunica con la glándula hipófisis mediante hormonas que fabrica y envía para estimular o detener su funcionamiento.

Hipófisis: controla el funcionamiento de muchas otras glándulas, produciendo hormonas que estimulan su acción. Tiene el tamaño de un garbanzo y está ubicada en la base del cerebro.

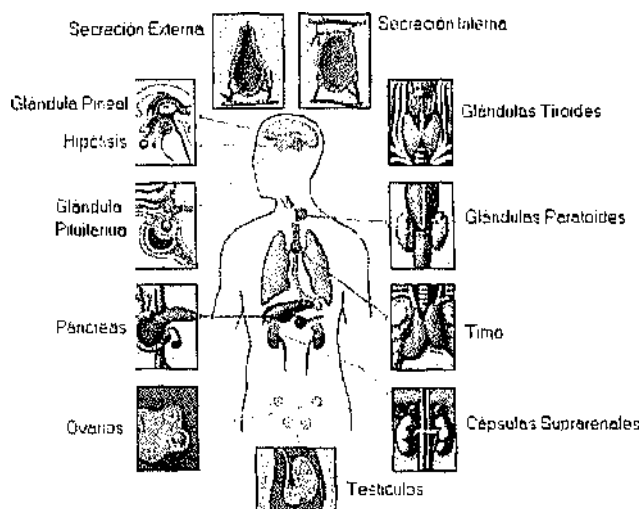
Epífisis o glándula Pineal: produce una hormona llamada *melatonina*, que regula los ritmos del sueño y vigilia.

Glándula paratiroides: secreta hormonas que controlan el nivel de calcio en el organismo.

Glándulas suprarrenales: la corteza y la médula de estas glándulas, ubicadas por encima de los riñones, producen distintas hormonas. Las de la corteza regulan procesos del metabolismo de nutrientes; las de la médula intervienen en el control de las funciones ante situaciones de estrés. **Páncreas:** produce *insulina* y *el glucagon*, hormonas reguladoras del metabolismo de la glucosa. **Gónadas (ovarios y testículos):** producen las hormonas sexuales femeninas y masculinas, controlando la producción de gametas y el desarrollo de caracteres secundarios. Las hormonas femeninas regulan los procesos involucrados con el embarazo.

Mecanismo de Acción de las Hormonas.

Independientemente de su origen, las hormonas tienen propiedades comunes. Pertenecen a tres grupos de sustancias químicas: los *esferoides*, cuyo precursor principal es el colesterol, las *proteínas* y un tercero de los *derivados de aminoácidos*. La especialidad de las hormonas está dada por su forma, que le confiere la capacidad de unirse únicamente a ciertos *receptores* en la membrana o el interior de las células. Los mecanismos de acción de las hormonas dependen del lugar donde se encuentran sus receptores y una vez unidos a ellos, generan una respuesta en cadena en el interior celular.



4. - Sistemas Energéticos.

Introducción

Cualquier actividad física, intelectual o sensorial, incluso el reposo, necesita de aportación energética para llevarse a cabo. Dicha energía se extrae de los diferentes alimentos que ingerimos diariamente, los cuales son degradados en un largo y apasionante proceso que comienza en el intestino de nuestro estómago.

El proceso por el cual nuestros músculos se abastecen de energía es complicado de explicar por lo que haremos una sucinta reseña de dicho proceso, explicando algunos términos necesarios para su comprensión.

Como hemos dicho, las células se proveen de energía a través de los alimentos ingeridos, pero éstos sufren distintas transformaciones antes de llegar a producir energía. Las células cuentan con recursos para formar moléculas más pequeñas a partir de moléculas grandes, y a este proceso se le llama **catabolismo**. Hay un proceso inverso, que consiste en la formación de moléculas más grandes, a partir de otras más pequeñas, que recibe el nombre de **anabolismo**. De forma general, a todo el conjunto de transformaciones que sufren las sustancias en el organismo o en una célula se le llama **metabolismo**.

Siempre que se lleva a cabo un ejercicio físico, se producen adaptaciones en el organismo que están coordinadas entre sí. Se producen por tanto **adaptaciones metabólicas, circulatorias, cardíacas, respiratorias, sanguíneas y en el medio interno**.

Para que las células puedan aprovechar las sustancias en sus distintas funciones deben primero degradarlas. Los procesos de degradación, o catabólicos, ocurren en tres etapas; en la primera, se rompen las grandes moléculas en sus componentes más sencillos: las **proteínas en aminoácidos**, los **carbohidratos o azúcares complejos en azúcares sencillos** y las **grasas en ácidos grasos**. Esta degradación de las moléculas grandes libera energía que se disipa en parte en forma de calor.

En una segunda etapa, estas pequeñas moléculas son a su vez degradadas para formar moléculas todavía más pequeñas, con la posibilidad de obtener energía útil para la célula. Estas moléculas pequeñas son el piruvato y la acefil coenzima A; el piruvato también a su vez se transforma en acetil coenzima A.

ATP - molécula de la vida - Moneda energética.

La molécula **ATP (Adenosina Trifosfato)** que el organismo produce en las mitocondrias durante la respiración celular, es el "transportador" universal de energía de nuestro cuerpo, necesaria para la gran mayoría de las funciones de los seres vivos y sin la cual la vida no sería concebible, al menos tal y como la conocemos. Cuando la molécula de ATP se subdivide la alta carga energética acumulada en ella se libera (como si de una bomba atómica se tratara), energía que utiliza luego el organismo para todo lo que precisa.

La principal fuente de energía para el músculo es el **ATP**. Esta molécula está formada por una base nitrogenada (**adenina**), un azúcar de cinco átomos de carbono (**ribosa**) y **tres fosfatos**. Cada grupo fosfato es un átomo de fósforo combinado con cuatro átomos de oxígeno, siendo uno de estos compartido por el otro grupo fosfato. Esto quiere decir que los tres grupos de fosfato están enlazados entre sí. Estos enlaces son fáciles de romper y además liberan gran cantidad de energía que será la utilizada por todas las células del organismo.

El ATP puede liberar dos grupos fosfato sucesivamente, aunque lo general es que se rompa uno de estos enlaces. En cada una de estas cesiones se libera una energía de aproximadamente 7.300 calorías, suficiente para realizar la contracción muscular.

Cuando se elimina por hidrólisis un grupo fosfato, la molécula de ATP se convierte en ADP, (adenosina difosfato). Luego la molécula de ADP puede "recargarse" con un aporte de 7 kilocalorías por mol., de modo que recupera un tercer grupo fosfato y vuelve a convertirse en ATP.

Las reservas que la célula posee almacenadas darían energía para que el músculo se contrajera durante tres segundos. Es por tanto evidente que deben existir otros mecanismos que produzcan ATP de forma continuada. Asimismo no todas las actividades necesitan de la misma cantidad de energía. Existen las que necesitan de una gran cantidad en poco tiempo: las pruebas de 50 metros es un ejemplo claro. En cambio, otras tienen un requerimiento moderado, pero constante y prolongado en el tiempo, el ejemplo más claro sería una prueba de 1500 metros libres.

Y entre estos dos extremos, existe una gran variedad de pruebas, actividades y deportes que combinan en

diferentes proporciones, demandas altas y bajas de energía, prolongadas y breves.

Los Sistemas Energéticos.

El músculo esquelético tiene tres tipos de fuentes energéticas cuya utilización varía en función de la actividad física desarrollada. Estas son:

1. - **Sistema anaeróbico atáctico o sistema de los fosfágenos:** Conversión de las reservas de alta energía de la forma de fosfocreatina (PC) y ATP
2. - **Sistema Anaeróbico láctico, glucólisis anaeróbica o sistema glucógeno no-láctico:** Generación de ATP mediante glucólisis anaeróbica
3. - **Sistema Aeróbico o sistema oxidativo:** Metabolismo oxidativo del acetil-CoA.

Los sistemas energéticos funcionan como un continuo energético. Se puede definir a éste como la capacidad que posee el organismo de mantener simultáneamente activos a los tres sistemas energéticos en todo momento, pero otorgándole una predominancia a uno de ellos sobre el resto de acuerdo a:

- Duración del Ejercicio.
- Intensidad de la Contracción Muscular.
- Cantidad de Substratos Almacenados.

L- Sistema Anaeróbico aláctico o Sistema del fosfágeno.

Este sistema proporciona la energía necesaria para la contracción muscular al inicio del ejercicio y durante ejercicios de muy alta intensidad y corta duración. Está limitado por la reserva de ATP (adenosintrifosfato) y PCr (fosfocreatina) intramuscular, que son compuestos de utilización directa para la obtención de energía.

Se le denomina aláctico porque no tiene acumulación de ácido láctico. El ácido láctico es un desecho metabólico que produce fatiga muscular.

La cantidad de ATP almacenada en la célula muscular es tan pequeña que sólo permite la realización de un trabajo durante muy pocos segundos. Por tanto el ATP debe ser reciclado constantemente en las células; parte de la energía necesaria para la resíntesis de ATP en la célula muscular se realiza rápidamente y sin la participación del oxígeno a través de la transferencia de energía química desde otro componente rico en fosfatos de alta energía, la fosfocreatina (PC).

El sistema del Fosfágeno funciona mediante el desmembramiento de un enlace de ATP. Este enlace puede almacenar hasta 7300 calorías; estas son liberadas en dos etapas, al subdividirse dos veces el ATP, primero en ADP (adenosindifosfato) y finalmente en AMP (adenosinmonofosfato).

El fosfato de creatina posee un enlace de fosfato de alta energía, unas 10.300 calorías por mol., lo cual le permite suministrar energía para la reconstitución de ATP y de esta manera permitir un mayor período de utilización de fuerza máxima de hasta diez segundos de duración, suficientes para realizar series cortas de movimientos a máxima velocidad y potencia, también aplicable a una serie de ejercicios básicos. De esta manera concluimos que el Sistema del Fosfágeno es utilizado para esfuerzos musculares breves y de máxima exigencia.

2. - Sistema Anaeróbico láctico o Glucólisis Anaeróbica.

Participa como fuente energética fundamental en ejercicios de sub-máxima intensidad (entre el 80 y el 90% de la CMI o capacidad máxima individual) y de una duración entre 30 segundos y 1 ó 2 minutos. Esta vía metabólica proporciona la máxima energía a los 20-35 segundos de ejercicio de alta intensidad y disminuye su tasa metabólica de forma progresiva conforme aumenta la tasa oxidativa alrededor de los 45-90 segundos.

El sistema anaeróbico láctico está limitado por las reservas intramusculares de glucógeno como sustrato energético. Esto significa que el combustible químico para la producción de ATP es el glucógeno almacenado en el músculo.

Este sistema energético produce menos energía por unidad de sustrato (menos ATP) que la vía aeróbica y como producto metabólico final se forma ácido láctico que ocasiona una acidosis que limita la capacidad de

realizar ejercicio produciendo fatiga. El ácido láctico o lactato, es el resultado de una combustión muscular intensa, en ausencia de oxígeno (anaeróbico), es ácido, por lo que provoca una acidosis metabólica y por lo tanto una inhibición de la maquinaria bioquímica responsable de la producción de energía proveniente de la degradación de la glucosa sanguínea y del glucógeno muscular. Dependiendo de la duración del esfuerzo realizado se distinguen dos tipos de sistemas anaeróbicos.

Sistema anaeróbico aláctico	Sistema anaeróbico láctico
<ul style="list-style-type: none"> • Actúa sin recibir oxígeno o en una cantidad inapreciable • No produce ácido láctico • Utiliza la propia energía del músculo • La duración del esfuerzo de alta intensidad es de 0 a 15 - 20 segundos • Aparecen dos vías: o ATP (dura 2 - 3 ") ATP ADP + P + Energía o ATP + CP (de 2 a 15- 20") ADP + CP --> ATP + C 	<ul style="list-style-type: none"> • Actúa sin recibir oxígeno • Se produce ácido láctico, provocando fatiga y disminuyendo la función celular • La duración del esfuerzo de alta intensidad varía de 15 - 20 segundos a 2 minutos • Se produce por degradación (lisis) del glucógeno (gluco) del músculo o de la glucosa proveniente del hígado, en <i>ácido láctico</i> (glucólisis) <p>Vía: ATP + carencia de O₂ ácido láctico</p>
<i>T'ahlü </i>	<i>i uNti 2</i>

El glucógeno almacenado en el músculo, tras la ingestión de glúcidos y en los momentos de poca actividad muscular, se puede degradar, cuando haga falta, por acción de la glucógeno fosforilasa en glucosa fosforilada, que es la utilizada para obtener energía.

Las etapas iniciales del proceso de degradación de la glucosa, la glucólisis, se producen sin necesidad de la utilización de oxígeno, constituyendo lo que se conoce como la glucólisis anaeróbica. Durante esta glucólisis cada molécula de glucosa se convierte en dos moléculas de ácido pirúvico y se producen dos moléculas netas de ATP.

Normalmente, el ácido pirúvico entra en las mitocondrias de las células musculares y, al oxidarse, forma una gran cantidad de ATP. Sin embargo, cuando la provisión de oxígeno es insuficiente para que se produzca esta segunda etapa oxidativa del metabolismo de la glucosa, la mayor parte del ácido pirúvico se convierte en ácido láctico, que difunde hacia el exterior de las células musculares y llega a la sangre. Por esta razón, gran parte del glucógeno muscular, en estas circunstancias, se convierte en ácido láctico pero, al hacerlo, se forman ciertas cantidades de ATP, aún sin tener oxígeno.

Este sistema del glucógeno-ácido láctico puede formar moléculas de ATP con una rapidez 2,5 veces mayor que el mecanismo oxidativo de la mitocondria. Cuando se requieren grandes cantidades de ATP para un período moderado de contracción muscular, este mecanismo de glucólisis anaerobia se puede utilizar como fuente rápida de producción de energía.

5.- **Sistema Aeróbico u Oxidativo.**

Cuando un individuo realiza un esfuerzo a régimen constante (por ejemplo, corre, camina, pedalea o nada a intensidad uniforme) y este esfuerzo dura por algunas o por muchas decenas de minutos, la energía empleada por sus músculos deriva toda de la combinación del oxígeno con los azúcares o también con las grasas.

Precisamente el mecanismo de producción de la energía que está a la base de estas combinaciones, oxígeno más azúcares, o también oxígeno más grasas, se llama "aeróbico".

El oxígeno es el ingrediente vital que permite transformar el alimento en una fuente de energía utilizada por el músculo y es imposible sin su empleo desarrollar ejercicio físico por prolongados periodos de tiempo.

El sistema aeróbico participa como fuente energética de forma predominante alrededor de los 2 minutos de ejercicio, siendo la vía energética de mayor rentabilidad y con productos finales que no producen fatiga. Es la vía metabólica más importante en ejercicios de larga duración.

Su limitación puede encontrarse en cualquier nivel del sistema de transporte de oxígeno desde la atmósfera hasta su utilización a nivel periférico en las mitocondrias. Otra limitación importante es la que se refiere a los sustratos energéticos, es decir, a la capacidad de almacenamiento y utilización del glucógeno

muscular y hepático, y a la capacidad de metabolizar grasas y en último extremo proteínas.

5. - Adaptaciones al Ejercicio.

El ejercicio físico es una actividad que desarrollan todos los seres humanos, en distinto grado, durante su existencia. Como fundamento de su conocimiento y significado es necesario conocer los mecanismos fisiológicos que le sirven de base.

Además de placer, el ejercicio mantiene la agilidad corporal, ejerce una influencia psicológica y social profunda; su deficiencia predispone a la obesidad y afecciones metabólicas degenerativas. En síntesis, el ejercicio favorece la salud física y psíquica.

Como sucede en muchos campos biológicos, el exceso es perjudicial y debe evitarse cuidadosamente. Cambios fisiológicos producidos con el entrenamiento.

*** Cambios Cardíacos.**

- Aumenta el grosor de las paredes, aumenta el volumen y el peso total.
- Hipertrofia del V.I.
- Aumento de del volumen sistólico,
- Mayor Volumen de fin de diastole.
- Aumento de la Fracción de eyección.
 - Frecuencia cardíaca: disminuye en reposo y tiene mayor facilidad de aumentar si lo requiere.
 - Mejora el gasto cardíaco, pudiendo ascender hasta 40 l / min. (15 l / min en no entrenado)

*** Cambios Sanguíneos.**

Aumenta el flujo sanguíneo por aumento de la capilarización.

- Mejora la distribución sanguínea durante el ejercicio.
- Aumento del Volumen Sanguíneo.
- Mejoran los valores de Tensión Arterial, si el individuo era hipertenso previamente.

*** Adaptaciones Respiratorias.**

- La ventilación se incrementa en mayor medida que la función cardíaca y en general no limita el rendimiento. Puede aumentar hasta un 20 % con el entrenamiento.
- El volumen corriente solo se modifica con los esfuerzos máximos.
La difusión pulmonar solo se modifica con los esfuerzos máximos.
- Aumenta levemente la capacidad vital.
- Tiende a disminuir el volumen residual.
 - Mejora la perfusión de los vértices pulmonares, aumentando el volumen para la hematosis.
- Aumenta la diferencia arterio - venosa de oxígeno.