



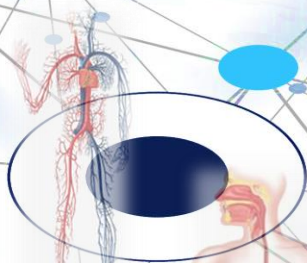
Linfático



Reproductor

Fundamentos biológicos de la Educación Física

Física



Hormonal



Fundamentos biológicos de la Educación Física

Dr. Héctor Manuel Icaza Campa

El homo sapiens es una clasificación zoológica que nos define y nos delimita dentro del contexto del reino animal, del mundo de lo vivo. Nuestra especie, al igual que todos los demás organismos está determinada por las dinámicas funcionales que son capaces de mantener nuestra homeostasis como sistemas biológicos.

Fernando Maureira (2010)

Advertencia

El presente documento fue elaborado como un medio de divulgación de carácter monográfico y no pretende ser una investigación exhaustiva de todos los temas aquí expuestos por lo que el autor asume toda responsabilidad por los errores u omisiones que se pudieran encontrar, siendo la intención el ofrecer un texto que sirva de motivación o incentivo para que el docente de educación física investigue por su cuenta sobre este tema.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Fundamentos biológicos de la Educación Física

Dr. Héctor Manuel Icaza Campa

© de la imagen de cubiertas:

Diseño de portada: Héctor Icaza

I^a edición

© Editorial, 2023.

Editorial; Kromática

Reservados todos los derechos de publicación en cualquier idioma.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Según el Código Penal vigente ninguna parte de este o cualquier otro libro puede ser reproducida, grabada en alguno de los sistemas de almacenamiento existentes o transmitida por cualquier procedimiento, ya sea electrónico, mecánico, reprográfico, magnético o cualquier otro, sin autorización previa y por escrito de "Héctor Manuel Icaza Campa";

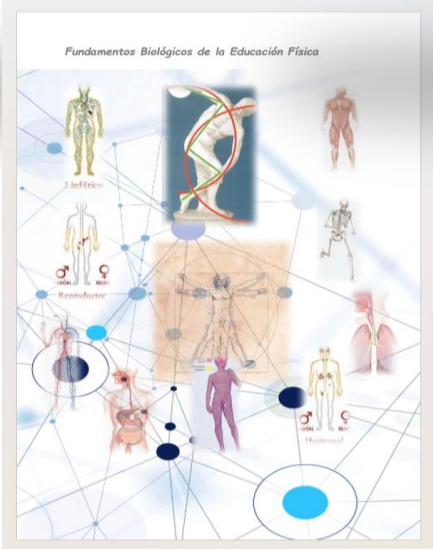
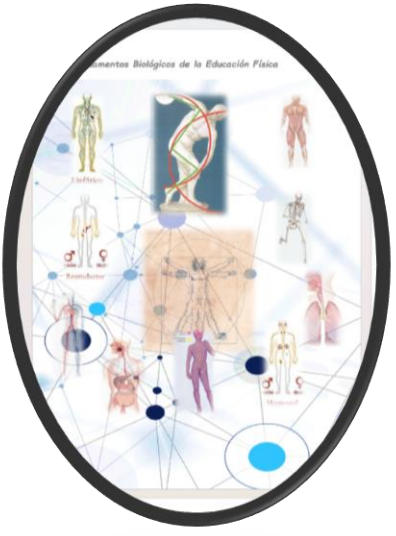
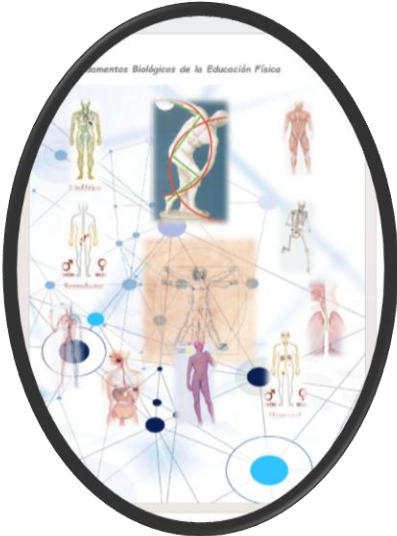
Su contenido está protegido por la Ley vigente que establece penas de prisión y/o multas a quienes intencionadamente reprodujeran o plagiaran, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica.

Depósito Legal: septiembre-2023

Impresión: Kromática

Impreso en Colima, México

Fundamentos Biológicos de la Educación Física



Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Dr. Héctor Manuel Icaza Campa

*Fundamentos biológicos
de la Educación Física*

septiembre 2023

7

Dr. Héctor Manuel Icaza Campa

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Dedicatoria

Dedico esta obra a todos los docentes de educación física en formación, esperando tomen conciencia de la importancia y el valor de lo que aquí se expone y que representa uno de los fundamentos esenciales dentro de su formación profesional, en el entendido que su labor profesional será con seres humanos quienes están conformados con uno de sus elementos constitutivos fundamentales: su organismo, que es la parte biológica propia de la naturaleza de todos los seres vivos y que su cuidado y desarrollo es vital (literalmente hablando), toda vez que la vida es el primero y más importante valor del hombre, ya que sin esta, no existiríamos y que a partir de ella es como podemos llegar a ser los seres humanos con toda la dignidad y valor que poseemos. Y, que a partir de ello, podamos comprender la gran responsabilidad que como educadores adquirimos al recibir en nuestras manos la vida de otros seres para ser guiados y acompañados hasta que alcancen su total desarrollo.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física



Fundamentos Biológicos de la Educación Física

índice

Contenido	Página
Introducción	13
Capítulo I	16
Generalidades	16
Capítulo II	65
Sistema Óseo	65
Sistema muscular	72
Sistema Circulatorio	81
Sistema Respiratorio	104
Sistema Digestivo	112
Sistema Endócrino	117
Sistema Nervioso	120
Sistema Epitelial	149
Sistema Reproductor	152
Sistema inmunológico	154
Sistema Linfático	155
Capítulo III	158
Biomecánica y Educación Física	158

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Antropología Física	177
El Somatotipo	179
La composición corporal	190
Capítulo IV	196
Bioquímica del Ejercicio y Nutrición	196
Vías energéticas	206
Capítulo V	219
Crecimiento, Desarrollo, Maduración	223
Aprendizaje Motor	240
Desarrollo Motor	249
Aportaciones de las Neurociencias para entender el Aprendizaje y desarrollo motor.	257
Higiene y Fisioterapia	262
Fuentes de Información y consulta	268

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Introducción

En el campo de la Educación Física entendida como ciencia podemos ubicar toda una serie de elementos que denominamos como los *Fundamentos de esa ciencia* y, en este caso, encontramos a los biológicos, los filosóficos, pedagógicos, organizativos y metodológicos, amén de complementar estos con otras áreas o elementos que constituyen o forman parte de esta, a saber, la historia, la psicología y la sociología entre otras más. Es en este sentido que hoy abordaremos el primero de los mencionados.

Por lo general, se dice que la Educación Física estudia el cuerpo y el movimiento de los alumnos desde una perspectiva biológica y mecánica y que esta no aporta ningún conocimiento o beneficio a la persona y se equivocan. En lo particular, consideramos -desde la Antropología Filosófica-, que el ser humano es una Unidad o Totalidad, donde encontramos tanto los aspectos biológicos como psicológicos, espirituales y sociales dentro de la misma persona, por lo que solamente para efectos de estudio hacemos esta separación desde donde se

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

abordarán algunos de los aspectos biológicos que configuran a la persona humana y que ya en otros libros se ha tratado este tema.

De este modo, se considera al organismo humano como un conjunto de sistemas (anatomo-funcionales) que lo conforman o constituyen.

De acuerdo con Montagud, 2019,

"Los sistemas del cuerpo humano son el conjunto de órganos que hacen posible el funcionamiento de las funciones biológicas básicas, las cuales se encargan de realizar procesos de supervivencia y reproducción. Dada la importancia de estas funciones, los sistemas del cuerpo humano trabajan de manera automática, independientemente de nuestras intenciones o intentos por controlar lo que hacemos, dado que son el producto de millones de años de evolución biológica en la que la selección natural ha tendido a simplificar el modo en el que estos órganos trabajan de manera coordinada" (Pág.1).

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Entre los principales sistemas se encuentran el musculoesquelético, nervioso, cardio-respiratorio, endócrino, sexual y digestivo. Asimismo, se contemplan también los sistemas energéticos del metabolismo, bioquímicos y de la fisiología del ejercicio, así como los aspectos de la Kinesiología o biomecánica. De igual manera, es imprescindible el abordaje de los temas de crecimiento, desarrollo, maduración y de los procesos y las leyes de adaptación que permiten la supervivencia del ser humano y su posibilidad de desarrollo.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Capítulo 1

Generalidades

Considerar al ser humano desde la perspectiva biológica implica reconocer que está sujeto a las leyes de la naturaleza en donde todo ser vivo pasa por un recorrido desde la concepción (que es el resultado de la unión de un espermatozoide y un óvulo), y a partir de ese momento inicia un acelerado proceso de crecimiento y desarrollo en el cual se configuran diversas etapas que van desde el prenatal o desarrollo en el vientre materno, postnatal a partir del nacimiento en donde conocemos las etapas de primera y segunda infancia, pubertad, adolescencia, juventud, madurez, adultez, vejez, ancianidad, hasta llegar a la muerte.

Como todo organismo vivo que somos, tenemos las funciones vitales de nutrición, crecimiento, desarrollo y muerte así como la capacidad de interactuar con el

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

medio ambiente con la finalidad de mantenerse vivo. En general, estamos constituidos por casi cien trillones de células de diversos tipos (células óseas, musculares, hepáticas, de la piel, nerviosas, eritrocitos, etc.) y que son la unidad básica de todo organismo, las cuales van constituyendo o formando tejidos, órganos, aparatos y sistemas.

Además, se realiza dentro de todas ellas un proceso denominado *metabolismo*, el cual se define como el conjunto de reacciones químicas controladas, gracias a las cuales los seres vivos cambian la naturaleza de ciertas sustancias (nutrimentos) para obtener la energía requerida para su subsistencia y así generar los procesos de crecimiento, desarrollo y reproducción.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

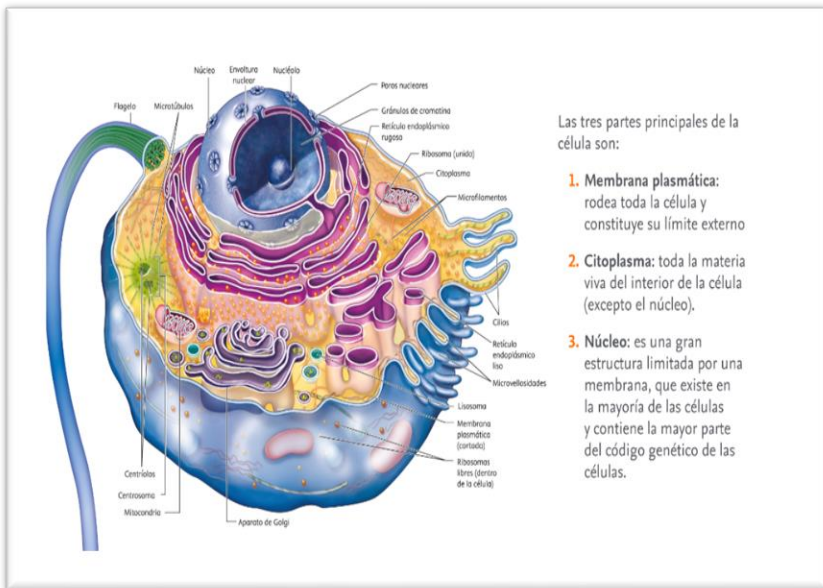


Figura 1. Composición y estructura básica de la célula

Este proceso metabólico está dividido en *Anabolismo*, o producción de energía y construcción de tejidos, y el *Catabolismo* o degradación o destrucción de sustancias y gasto de energía. En este sentido, la Educación Física juega un papel fundamental ya que, como lo menciona Nöcker (1980):

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

"De todos los estímulos que influyen sobre el organismo, el más importante es sin duda el estímulo del movimiento...el estímulo del movimiento es necesario para la preservación de la función y de la estructura de la sustancia viva" (Pág. 13)

Es así como se puede afirmar que como resultado de la realización de los ejercicios físicos durante las Clases de Educación Física, nuestro metabolismo se hace más económico y eficiente siempre y cuando estas clases sean realizadas regularmente (un mínimo de tres veces por semana e idealmente de cinco a seis veces por semana con una duración mínima de 60 minutos por cada clase) y de esta forma constituirse como un estímulo óptimo para el crecimiento y desarrollo del organismo humano.

Estos tejidos, órganos y sistemas de nuestro cuerpo, funcionan como un todo y que lo que afecta a uno, afecta al resto. Se sabe además que el fin último de todo organismo vivo es la reproducción con el fin de la

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

perpetuación de la especie a través de la transmisión de sus genes a las nuevas generaciones.

De la misma manera, todo organismo vivo está sujeto a las leyes de la evolución, lo cual significa que están sujetos a las variaciones o cambios que en algunos casos servirán como una adaptación al medio y de esta forma poder sobrevivir.

Químicamente hablando, nuestro organismo está compuesto fundamentalmente de Carbono (C), Hidrógeno (H), Oxígeno (O) y Nitrógeno (N) (CHON) que son las moléculas de la vida.

Todos seres vivos poseen las siguientes características:

- Poseen una organización
- Crecen y se desarrollan
- Se reproducen
- Evolucionan y se adaptan
- Regulan sus funciones vitales
- Tienen metabolismo

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

➤ **Poseen la capacidad de movimiento**

Además, todos los seres vivos tienen estas semejanzas

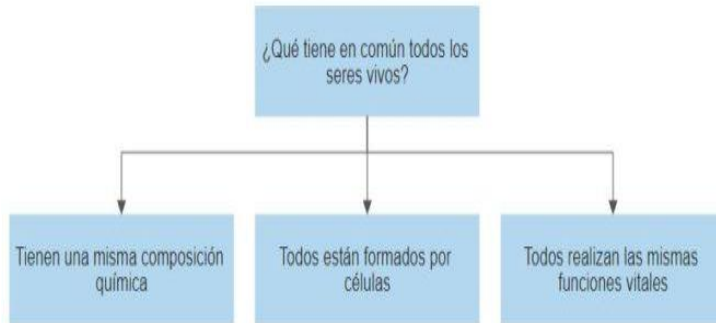


Figura 2. Lo que tienen en común todos los seres vivos.

Por otra parte, el ser humano es el único organismo de la naturaleza que tiene consciencia de sí mismo y una inteligencia que le permite modificar su entorno.

Como se ha mencionado, nuestro organismo obedece a las leyes de los seres vivos en donde se tiene como primera misión la supervivencia y que para ello, el ser humano inicia su proceso de desarrollo gracias a lo que conocemos como las leyes de Adaptación, entre otras la **ley de desarrollo Céfalo-Caudal** que se refiere a que el desarrollo se da de la cabeza hacia la cola y la **ley**

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Próximo distal que se refieren al hecho de que el crecimiento va desde el centro del organismo hacia la periferia, por lo que las primeras formas o posibilidades de autocontrol están definidas en tales términos.

En ese sentido, el desarrollo motor se dará en la misma forma, por lo cual, el bebé recién nacido será capaz de controlar primero los movimientos de su cabeza, cuello, tronco y extremidades y de la misma forma sus movimientos serán al inicio imprecisos y poco a poco tendrá control sobre los mismo, teniendo primero la posibilidad de erguirse apoyando sus manos y elevando el tronco y cabeza, girar estando acostado para voltearse boca arriba y boca abajo, después será capaz de controlar su tronco y adoptar la postura de sentado y a partir de ello empezar a reptar para después gatear y posteriormente tener la fuerza, el control y el equilibrio suficientes para ponerse de pie y más tarde iniciar con la marcha, al tiempo que también desarrolla su capacidad

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

de control y manipulación de objetos con sus manos y realizar movimientos de coordinación gruesa en primera instancia hasta que poco a poco llega a la coordinación motriz fina en donde ya es capaz de manipular grandes y pequeños objetos, sujetarlos, lanzarlos y atraparlos. Asimismo, en la época moderna, Lamarck, (1809) en su teoría de la evolución de las especies expresó las leyes de adaptación de la siguiente manera:

"En todo animal el uso frecuente de sus órganos fortifica sus funciones, mientras que el desuso constante de los mismos debilita su potencia hasta hacerlos desaparecer.

La genética se encarga de perpetuar, a través de futuras generaciones, las modificaciones que los cuerpos organizados han tenido que experimentar para cubrir sus necesidades frente a los cambios de su entorno" (Pág. 2)

"Las variaciones de las condiciones del medio ambiente provocan cambios en las funciones vitales de los seres vivos, lo cual conlleva que unos órganos se desarrollen y otros se

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

atrofien. Es decir, las variaciones medioambientales causan las adaptaciones de los organismos" (Pág. 15)

Lo anterior se resume con la frase "La función hace al órgano". Y "Órgano que no se usa se atrofia y acaba por no servir"

Años más tarde, Roux (1881) vuelve a ocuparse del fenómeno de la adaptación:

"Mediante el funcionamiento, la organización de los tejidos se hace más apta para el funcionamiento futuro" ...

"La mayor intensidad de la función modifica el estado cualitativo de los órganos aumentando su capacidad específica de rendimiento" ...

"Sólo mediante estímulos ambientales suficientemente fuertes (y uno de los estímulos ambientales decisivos es el impulso al movimiento) pueden desarrollarse la estructura y la función de los sistemas orgánicos". (Pág. 10)

En ese mismo sentido Langle (1917, citado por Nöcker 1980), menciona *"El estímulo no sólo hace al órgano, sino que la índole del estímulo es importante para la*

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

respuesta" (Pág. 11).

De esta forma, se afirma que una de las leyes fundamentales de la naturaleza viva es que se requieren estímulos permanentes para desarrollar la estructura, forma y rendimiento de los órganos para mantenerlos en un determinado nivel de funcionamiento.

Por otra parte, Nöcker (1980) afirma:

"La importancia del movimiento para el organismo en crecimiento es imprescindible para lograr el pleno desarrollo estructural y funcional de los órganos, ya que sólo el esfuerzo conduce al desarrollo óptimo y por lo cual, el impulso de moverse que tiene el niño debe verse como algo necesario que la naturaleza introduce para producir los estímulos de crecimiento indispensables para el desarrollo orgánico, muscular, óseo, etc. por lo que el estímulo de movimiento es necesario para la preservación de la función y de la estructura de la sustancia viva". (Pág. 13)

En ese mismo sentido se pronuncian hoy en día los descubrimientos hechos por las neurociencias al estudiar el

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

proceso de aprendizaje y desarrollo motor.

Posteriormente, importantes hechos aislados enriquecieron y ampliaron nuestros conocimientos, pero las leyes fundamentales ya fueron reconocidas y definidas claramente por Roux (1881). *La adaptación sólo es posible mediante estímulos adecuadamente dosificados.*

Según las palabras de Driesch: *"Es necesario que las condiciones funcionales del organismo se modifiquen realmente, para que haya adaptación"*. (Pág. 10)

En este mismo orden de ideas se manifiesta Nöcker (1980), al señalar que:

"Una de las leyes fundamentales de la naturaleza viva dice que se requieren estímulos permanentes para desarrollar la estructura, forma y rendimiento de los órganos y para mantener éstos en un determinado nivel de rendimiento.

...Los estímulos permanentes, dirigidos de una manera determinada, provocan cambios de la función que finalmente influyen en la estructura". (Pág. 11)

...De todos los estímulos que influyen sobre el organismo el

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

más importante es sin duda, el estímulo de movimiento (Ejercicio). Su ausencia es causa de subdesarrollo o hipofunción. De particular importancia es el estímulo de movimiento para el organismo en crecimiento. Es imprescindible para lograr el pleno desarrollo estructural y funcional de los órganos. Sólo el esfuerzo conduce al desarrollo óptimo. (Pág. 13)

Thörner expresa lo mismo diciendo:

"A diferencia de la fatiga, el entrenamiento (léase el ejercicio) constituye una secuencia de trabajo positivo que de alguna manera puede concebirse como una continuación de los procesos de recuperación más allá de la situación normal de reposo.

Es pues una característica de la sustancia viva adaptarse a mayores rendimientos con un aumento de su capacidad. La adaptación puede ser consecuencia de un cambio de función, de estructura o de ambas. (Pág. 14)

A este respecto, se amplía la ley de adaptación con la regla de Schultz-Arndt, citado por Nöcker (1980):

"Los estímulos débiles aumentan la vitalidad, los estímulos fuertes desencadenan los procesos de adaptación y los

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

estímulos exagerados paralizan y perjudican al órgano; los estímulos subliminares, en cambio, no surten efecto alguno. Por lo tanto, el incremento de la capacidad sólo puede lograrse aumentando la carga de trabajo (volumen e intensidad del estímulo), o sea, aumentando paulatinamente las exigencias de rendimiento". (Pág. 14)

Una más de estas leyes sobre el crecimiento y desarrollo es la referida a la adaptación funcional y esta es de dos tipos: morfológica y funcional, en donde la primera hace referencia a que la función más intensa agranda un órgano sólo en las dimensiones que son necesarias, mientras que en la segunda se afirma que la función más intensa modifica el estado cualitativo de los órganos aumentando su capacidad específica de rendimiento.

Concluyéndose que sobre esos estímulos de crecimiento y desarrollo se basa toda la Educación Física.

En este mismo sentido, Nöcker (1980), afirma que para favorecer este desarrollo, *es necesario el estímulo de*

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

movimiento tanto desde el punto de vista estructural como funcional y para ello es vital la correcta dosificación de estos estímulos de movimiento;

A continuación y con base en lo expresado anteriormente, se aborda el tema de las *Cargas de Trabajo o de desarrollo* y su respectiva *dosificación* para estimular el crecimiento y desarrollo.

Se entiende por "**carga de trabajo o de desarrollo**" a *todo aquel estímulo de movimiento (que de aquí en adelante denominaremos como ejercicio) que provoque o desencadene ciertas reacciones bioquímicas y adaptativas que permitan el incremento en sentido de mejoría de las formas y funciones de los distintos tejidos, órganos y sistemas del organismo humano.*

Toda la metodología que se aplica en el proceso de la Educación Física orientada al desarrollo de las capacidades físicas, habilidades y destrezas tiene una base científica y está rigurosamente regida por leyes que

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

reflejan la realidad. Hoy, el trabajo de desarrollo Físico ha sido invadida -de acuerdo a las palabras de Forteza- (1999, pág. 7): por una **biologización** en su metodología, no obstante se ha generalizado la idea de que "*...el entrenamiento deportivo es en términos generales un proceso permanente de adaptación a la carga de trabajo (Weineck, 1978)*". (como es posible observar, en muchos casos se menciona el concepto de entrenamiento, ya que en términos de adaptación biológica, esto aplica tanto para la educación física como para el propio entrenamiento deportivo).

Por tal motivo y siguiendo a Forteza, el punto de partida de cualquier estudio sobre la Metodología del Acondicionamiento Físico estará impuesto por el análisis de la **Ley básica del Acondicionamiento**.

Todos los contenidos orientados al desarrollo de las capacidades físicas, habilidades y destrezas que se aplican en la Educación Física están enmarcados en el

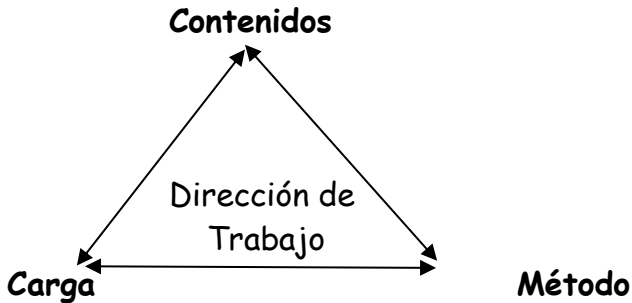
Fundamentos Biológicos de la Educación Física

concepto que se tiene de **Carga de Trabajo o de desarrollo**, la que analizaremos detalladamente a continuación.

La carga sintetiza el trabajo para el Acondicionamiento o adaptación fisiológica y los contenidos a su vez, ejercen un efecto biológico de carácter generalmente funcional en el organismo del individuo que los recibe; lo que significa, que la llamada *Ley básica del Acondicionamiento* sea insustituiblemente la **Ley de adaptación biológica o Ley de bioadaptación**.

Con base a lo anterior, se menciona que existe una relación directa entre el objetivo (Dirección del Trabajo) que se persigue en la Educación Física y los contenidos, los métodos y las cargas de trabajo.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física



Cuando definimos una dirección, -digamos aeróbica-, ésta a su vez determinará el contenido (por ejemplo carrera). Asimismo, determinará la carga de trabajo, pues como sabemos, lo aeróbico se desarrolla a intensidad moderada, ritmo uniforme, pulsaciones en la zona de 70-80%, duración larga, etc., y el método será el Continuo uniforme.

Se entiende por **CARGA**, a toda actividad física y/o mental que realiza un sujeto para el desarrollo y mejoramiento de sus capacidades, reflejada en la suma de los efectos del trabajo que realiza el individuo.

Se dice también que la carga son todos aquellos estímulos de movimiento que producen un efecto de entrenamiento; es decir, de mejoría, afianzamiento o mantenimiento del estado de aptitud física.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

A la carga se le identifican dos aspectos o tipos de acuerdo a su forma de manifestación:

- **La carga física, externa o cuantitativa.** -Se dice de todo aquel trabajo o esfuerzo que se valora por parámetros de duración (tiempo), número de repeticiones, cantidad de ejercicios, distancias recorridas, pesos empleados, etc.
- **La carga biológica, interna o cualitativa** -Se refiere a aquel trabajo o esfuerzo que se valora por parámetros de avance fisiológico, bioquímico o de calidad de ejecución o dificultad de los esfuerzos y de otros aspectos en el estado funcional de los órganos, aparatos y sistemas del sujeto, tales como FC, VO₂ máx., F. Respiratoria., grado de acidez en sangre, presión arterial, etc.

Es por lo anterior que se dice que la carga externa es la tarea de la Educación Física y la carga interna es la reacción producida en el organismo por/o - a causa de la carga externa. Es por tanto que la suma de ambas

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

cargas provoca los *fenómenos de adaptación** en el organismo y con ello se logra el desarrollo físico.

*Se entiende por **adaptación**, a los cambios en la estructura, funcionamiento o conducta del sujeto en sentido benéfico para su organismo como una respuesta a las exigencias del medio.

La carga física se puede aumentar de las siguientes formas:

- Aumentando la cantidad de trabajo
- Aumentando el ritmo de ejecución del ejercicio
- Aumentando la dificultad de los ejercicios
- Reduciendo las pausas de descanso

En general, aumentando el nivel de exigencias

Existen diferentes formas de aumentar las cargas, aunque las más comunes son:

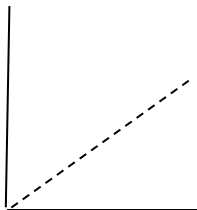
- Forma **rectilínea** del aumento de las cargas
- Forma **escalonada** " " "
- Forma **ondulatoria** " " " "
-

1. La forma **rectilínea** consiste en aumentar un poco más la carga cada determinado tiempo

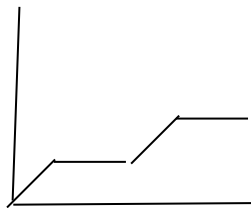
Fundamentos Biológicos de la Educación Física

2. La forma **escalonada** consiste en aumentar la carga, mantenerla por un tiempo y después volverla a aumentar y así sucesivamente
3. La forma **ondulada** consiste en hacer un juego de aumentos y disminuciones de la carga al paso del tiempo.

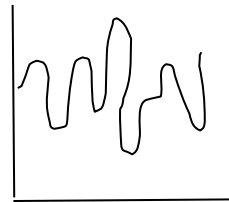
Para una mejor comprensión de lo anterior, se expresa gráficamente de la siguiente manera:



rectilínea



escalonada



ondulada

La adaptación a la carga se interpreta como la (s) modificaciones del sistema psicofísico, bajo influencia de la carga externa, a un nivel superior.

- ✓ La adaptación es el proceso mediante el cual el cuerpo establece una relación con su medio que le permite sobrevivir y prosperar.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

- ✓ La adaptación a las cargas **es un proceso reversible** (es decir, que si no se continúa estimulando al órgano, este deja de progresar y por el contrario, empeora su capacidad funcional); y, la mayor o menor rapidez de este proceso depende del grado de *afianzamiento*** de la adaptación.

Otra característica de la adaptación orgánica en la Educación Física es que esta siempre se da *en dirección a la carga*; o sea, que el trabajo de la fuerza por ejemplo, desarrolla la fuerza y nunca la resistencia.

** Dentro de los fenómenos de **adaptación**, se consideran tres momentos:

- ✓ **Asimilación.** -Que consiste en la integración de las influencias externas a las propias estructuras del sujeto.
- ✓ **Acomodación.** -Se refiere a la transformación de las propias estructuras en función de los cambios del medio.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

- ✓ **Afianzamiento.** - Es el mayor o menor grado en que se ha logrado el proceso de adaptación y que tiene que ver con la temporalidad de los estímulos y la duración y repetición de estos.

Por lo tanto, sabemos que la adaptación es una posibilidad que tiene el organismo para sobrevivir. Un organismo en estado de adaptación significa que ha alcanzado un equilibrio entre los procesos de síntesis (Anabolismo) y los procesos de degeneración (Catabolismo) y que permanecerá en esta situación hasta en tanto no se rompa dicho equilibrio. A este equilibrio biológico (entre los procesos de síntesis y degradación) que caracteriza al organismo en estado de adaptación se le da el nombre de **Homeostasis**.

Si algún agente (Carga de trabajo) interrumpe la *homeostasis*, el organismo tratará de recuperar nuevamente el equilibrio funcional.

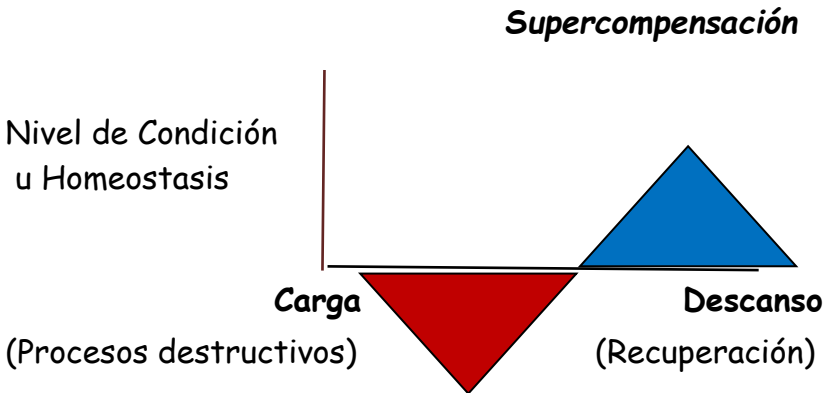
Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Si dicho agente (carga) es desconocido para el organismo, la interrupción de equilibrio estará determinada por el aumento de los procesos degenerativos (catabolismo), los cuales se mantendrán hasta que dure la influencia de la carga. Casi de forma inmediata, el organismo responderá a la agresión con un aumento de los procesos de síntesis o regenerativos (anabolismo) y que conocemos como el proceso de recuperación a fin de dar protección al organismo por las pérdidas energéticas sufridas ante el esfuerzo realizado por la carga de trabajo aplicada.

Durante estos procesos recuperatorios que suceden al ser interrumpida la homeostasis no sólo procuran volver al punto original o de equilibrio inicial, sino más bien, tienden a sobrepasar los niveles iniciales de capacidad, lo que parece ser una predisposición del organismo ante una posible nueva agresión o carga de trabajo;

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

fenómeno que conocemos con el nombre de **Supercompensación**.



De acuerdo con Ozolin (1983):

"El proceso de adaptación del organismo a todas las cargas funcionales crecientes... obedece a las leyes que fueron descubiertas y enunciadas por primera vez en 1809 por J. B. Lamarck, quien expuso su concepción sobre el desarrollo evolutivo de las especies en la tierra, y formuló por primera vez el principio acerca de la influencia de los ejercicios sobre el organismo cuando escribió que:

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

En todo animal que no haya alcanzado los límites de su desarrollo, la más creciente y más fuerte utilización de cualquier órgano fortalece poco a poco el mismo, lo desarrolla, lo hace crecer y le transmite fuerza en proporción a la duración de su utilización, mientras que la permanente no utilización del órgano, imperceptiblemente lo debilita, lo hace declinar, le hace disminuir sus capacidades y, por último, provoca su desaparición" (Pág. 21).

El embriólogo alemán V. Roux (1881), desarrolla la idea de Lamarck sobre la influencia del trabajo sobre el órgano y lo resumió con la frase "*La función hace al órgano*"; lo cual proviene del conocimiento o la máxima de que *Órgano que no se usa, se atrofia; órgano que se usa en exceso, se daña; y, órgano que se usa en su justa medida, se desarrolla.*

Por su parte, el fisiólogo A. A. Ujtomski (1927) -citado por Ozolin (1983)-, ofrece una explicación fisiológica

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

acerca de las reacciones adaptativas de la siguiente forma:

“La sustancia viva se caracteriza por una poderosa capacidad de asimilación, la cual repone, continuamente, los gastos realizados. Esta capacidad de asimilación compensativa es tan poderosa que, como demuestran las experiencias, conduce en todo caso a que el órgano que precisamente trabaja pueda acumular la sustancia y, en particular, los potenciales de trabajo. La excitación de un estímulo produce en el órgano los procesos del consumo del trabajo de los potenciales y, simultáneamente, los procesos de asimilación que compensan los gastos, y estos procesos inversos de asimilación no sólo cubren en todo caso los gastos realizados, sino que acumulan potenciales de trabajo superiores al nivel en que se encontraba antes del trabajo” (pp. 22).

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

En ese mismo orden de ideas y visto como una especie de conclusión a este respecto, Ozolin (1983), lo resume de este modo:

"La capacidad de adaptación del organismo a las condiciones más diversas y a las influencias de los medios exterior e interior, ofrecen posibilidades casi ilimitadas para una orientación específica en la educación de las cualidades físicas, morales y volitivas. Esto significa que mediante la correspondiente selección de medios, métodos y cargas de entrenamiento se pueden provocar adelantos morfológicos, fisiológicos y psicológicos relacionados con las exigencias de las diferentes modalidades del deporte y las particularidades individuales de los deportistas". (Pág. 30)

Otro autor, Hans Selye -endocrinólogo- expuso en 1936 lo que se conoce con el nombre de *Síndrome general de adaptación*, conocido también como *Ley de Selye* (según Forteza, 1999) o (Selye, según Platonov (1994), quien señaló que frente a cualquier agresión del organismo, éste responde produciendo simultáneamente una serie

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

de respuestas o reacciones, en función del estímulo agresor; y, otras reacciones o respuestas (que siempre son las mismas) independientemente de la naturaleza de los estímulos. A estas últimas, se les dio el nombre de ***Síndrome de adaptación o Síndrome de estrés***.

Frente a la acción del agente estresante o agresor, se altera el equilibrio del organismo (se rompe la homeostasis).

Importancia de la teoría de Selye en la Educación Física.

Cuando una persona se somete a una carga de trabajo, se está sometiendo a un estrés físico (carga) y dicho estrés representa una agresión para el organismo; si dicha agresión permanece constante -y de acuerdo a lo expuesto anteriormente-, se puede crear una *Fase de resistencia* e inclusive llegar a un *Estado exhaustivo*. Sin embargo, las investigaciones que se han realizado demuestran que una clase de EF bien dosificado en sus

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

cargas crea una especie de protección contra el estrés que se conoce como se mencionó anteriormente como *Supercompensación*; por lo que el trabajo realizado entonces tiene una influencia directa y positiva sobre la capacidad de respuesta del organismo a un estímulo.

A medida que se avanza en el trabajo físico, se incrementa el nivel de exigencias en el mismo; por lo que también tendrá que incrementarse el nivel de las cargas de trabajo. A este hecho se le denomina **SOBRECARGA**; lo cual se interpreta como *el aumento progresivo, gradual y sistemático de la carga*. Es decir, el grado o nivel óptimo de los logros, será proporcional al grado o nivel óptimo de exigencias de las cargas.

Los factores que limitan el uso o aplicación de las cargas son:

- ✓ *La edad,*
- ✓ *el sexo,*
- ✓ *el nivel de condición física,*

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

- ✓ ***el tipo de deporte,***
- ✓ ***el estado de salud y nutricional entre otros.***

Existen por otro lado, dos tipos principales de sobrecargas a saber:

1. Las sobrecargas de desarrollo
2. Sobrecargas de estabilización

Las sobrecargas de desarrollo provocan o desencadenan en el organismo considerables cambios progresivos de carácter funcional y estructural (*fenómenos de adaptación*) y,

-Sobrecargas de estabilización que dan como resultado principal el afianzamiento de las reestructuraciones producto del proceso o fenómeno de adaptación.

De igual forma Martens (2002) afirma que el principio de sobrecarga consiste en que el entrenamiento inicial debe exceder las exigencias típicas diarias. Según el organismo se adapta al incremento de la carga, habrá que añadir mayor esfuerzo.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

El promedio de mejora está relacionado con tres factores, que se pueden recordar mediante el acrónimo ***FIT*** (***F***recuencia, ***I***ntensidad, ***T***iempo)

La sobrecarga propicia cambios concebidos para ayudar al cuerpo a afrontar las crecientes demandas en los músculos y otros sistemas. Estos cambios afectan al sistema nervioso, que aprende a activar fibras musculares con mayor eficacia, al sistema circulatorio que mejora su capacidad de enviar más sangre a los músculos empleados y a los músculos mismos, donde la sobrecarga estimula la producción de nuevas proteínas para ayudar a satisfacer exigencias futuras del ejercicio.

En la siguiente tabla se puede apreciar la duración óptima de los tiempos de recuperación después de aplicar determinadas cargas de trabajo.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Duración óptima de los tiempos de recuperación entre sesiones de la misma finalidad con cargas diferentes			
Finalidad de la sesión	Duración de la recuperación (horas)		
	Carga media	Carga Grande	Carga Máxima
Desarrollo de Fuerza máxima	36 - 48	48 - 60	60 - 96
Desarrollo de Fuerza - velocidad	24 - 36	36 - 48	48 - 60
Desarrollo de Velocidad	12 - 24	24 - 48	48 - 72
Mejora de coordinación	6 - 12	12 - 24	24 - 48
Desarrollo de flexibilidad	6 - 12	12 - 24	24 - 48
Entrenamiento de potencia	12 - 24	24 - 48	48 - 72
Resistencia en entrenos de potencia anaeróbica submáxima	36 - 48	48 - 60	60 - 72
Resistencia en entrenos de potencia anaeróbica máxima	36 - 48	48 - 60	60 - 72
Resistencia en entrenos de potencia media	48 - 60	60 - 72	72 - 96
Resistencia en entrenos de baja potencia aeróbica	48 - 72	72 - 96	96 - 120

Tabla 1. Duración óptima de los tiempos de recuperación entre sesiones de la misma finalidad con cargas diferentes. Fuente: vito-nica.com/entrenamiento/principios-del-entrenamiento-deportivo-sobrecarga-III

Dicho lo anterior, nos encontramos con que tales tipos de sobrecargas provocan distintos *efectos de la carga* o también conocidos más comúnmente como *efectos de entrenamiento*; mismos que se explican a continuación:

- **Efectos del Entrenamiento (EE)**. - Se dice de los cambios que acontecen o se presentan en el organismo y que son resultado de las cargas de

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

trabajo que se aplican en cada clase. Los EE no son sólo consecuencia de las clases (que son un elemento variable) sino también función del tiempo transcurrido entre dichas clases (y de ahí la importancia de que se den entre 3 y 5 clases de EF por semana)

Por lo anterior, nos encontramos con que existen tres tipos de EE en dependencia del tiempo transcurrido de aplicación de las cargas de trabajo.

- **Efectos del Entrenamiento Inmediatos (EEi).** - Son las modificaciones que se presentan en el organismo desde el momento de iniciarse el trabajo y hasta la culminación de este. Si la sobrecarga fue lo suficientemente grande, los EEi se caracterizan por la disminución del nivel de la capacidad de trabajo, así como del incremento de la actividad funcional de los órganos y sistemas

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

orgánicos que aseguran el despliegue de los procesos de restablecimiento.

- **Efectos del Entrenamiento Resultantes (EEr).**
 - Se dice que estos efectos están en dependencia del tiempo que transcurre desde la culminación de una sesión de entrenamiento hasta el inicio de la siguiente sesión. Pudiendo ser estos efectos de tres órdenes:
- ✓ **EEr del 1er. Orden.** -Se caracterizan por el restablecimiento incompleto generalizado de la capacidad de trabajo del sujeto (pudiendo ser de una duración de algunos minutos hasta de algunas pocas horas, en dependencia del trabajo realizado).
- ✓ **EEr del 2° Orden.** - Es el restablecimiento "simple", prácticamente completo de la capacidad de trabajo después de terminada la sesión de entrenamiento y antes de iniciar una nueva y que

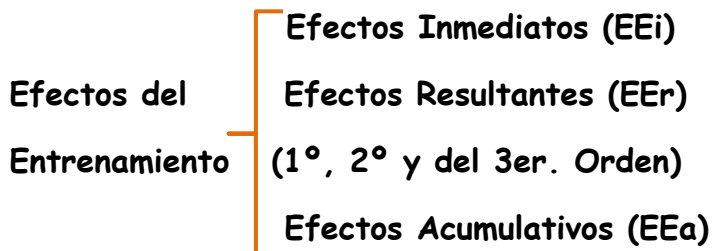
Fundamentos Biológicos de la Educación Física

pueden tener una duración de algunas horas y hasta uno, dos o tres días de duración; en dependencia del trabajo realizado.

- ✓ **EER del 3er Orden.** -Se expresan comúnmente en el fenómeno conocido como de ***Supercompensación*** y que se explica como "*la capacidad de trabajo aumentada en cantidad y calidad como producto de los fenómenos de adaptación producidos por las cargas de trabajo aplicadas y los tiempos de recuperación óptimos transcurridos*".
- **Efectos del Entrenamiento Acumulativos (EEa).**
 - Son el resultado de la unión de los EEi y de los EER de las sesiones de entrenamiento transcurridas y manifestados en la adquisición o el mejoramiento del estado de condición o rendimiento físico y el cual tiene como base los fenómenos de Supercompensación y de adaptación. y que generalmente -y de acuerdo a principios fisiológicos-.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

se presentan una vez transcurridos períodos mayores a 30 días y que para su afianzamiento requieren de hasta 60 o 90 días; siempre y cuando se mantenga una frecuencia de estímulos (sesiones de trabajo) de manera regular y sistemática.



la Dosificación de las cargas de trabajo

"*Dosificar*" significa: determinar la cantidad, porción o medida de algo que se ha de suministrar a alguien; dicho lo cual, podemos afirmar que ***La dosificación de las cargas de trabajo o desarrollo en las clases de Educación Física consiste en determinar la cantidad de trabajo, actividad o esfuerzo que ha de realizar un alumno; así como también la forma o manera de hacerlo de acuerdo a un diagnóstico previo de su***

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

condición y a un plan de trabajo o programa de clase elaborado para tal efecto. De tal modo, que la dosificación de la carga se da a partir de los objetivos planteados y el estado funcional del sujeto y en el cual se consideran los tiempos disponibles, los métodos, los medios y los contenidos a desarrollar.

Para la dosificación de la carga, es imprescindible considerar cuatro componentes fundamentales:

Volumen, Intensidad, Densidad y Descanso.

El volumen y la intensidad se incrementan simultáneamente hasta un cierto límite, dado por la capacidad de respuesta del organismo; donde después, el aumento de uno provocará la disminución del otro.

El volumen deberá tener un aumento continuo y sistemático hasta que se logre alcanzar un nivel óptimo de rendimiento.

El nivel de intensidad de trabajo está condicionado en primer lugar por el objetivo y capacidad actual del

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

sujeto y posteriormente por el tipo de actividad que se realice.

Dado que la intensidad se entiende como el grado de esfuerzo de la actividad física, Ozolin (1989) la divide en cuatro grados: *Poca, Media, Grande y Máxima* y a ello corresponderá un porcentaje de acuerdo a la capacidad máxima del alumno en un determinado momento y como resultado de una evaluación.

La densidad, se entiende como la relación entre el tiempo de trabajo y el tiempo de descanso; en donde:

- ✓ *A mayor volumen o intensidad de la carga, corresponderá mayor tiempo de descanso*
- ✓ *A menor volumen o intensidad de la carga, corresponderá menor tiempo de descanso*

El descanso como factor importante dentro de la dosificación de la carga se divide en:

- ✓ *insuficiente o incompleto,*
- ✓ *suficiente o completo*

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

✓ *y demasiado o excesivo.*

Este factor como se puede apreciar tiene estrecha relación con los efectos del entrenamiento vistos anteriormente por lo que sólo añadiremos que en dependencia de cómo lo utilicemos, serán los efectos que se logren y que también esto dará la posibilidad de manejar tal o cual método de desarrollo.

Para otros autores, los componentes o elementos básicos de la carga son: *volumen, intensidad, densidad, frecuencia y descanso* y conforme a la correcta aplicación o dosificación de estos, son los resultados que se podrán alcanzar. Así entonces, la prescripción del ejercicio en el sentido de una mejora del estado funcional del organismo estará en dependencia de una correcta combinación de estos elementos durante las Clases de Educación Física.

¿A qué nos referimos con esto?

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

A que en todas y cada una de las clases de EF que se impartan y en dependencia de los objetivos a lograr, es de vital importancia la adecuada dosificación de estas cargas de trabajo, de tal forma que se conviertan en estímulos que desencadenen los procesos de adaptación morfofuncional necesarios para elevar la capacidad funcional de nuestros alumnos, al tiempo que se estimulan de la mejor forma posible los procesos de crecimiento y desarrollo de los que se ha hablado.

Luego entonces, dentro de todas y cada una de las clases de Educación Física será necesario planear y organizar las actividades a desarrollar, de tal modo que éstas realmente representen estímulos de movimiento suficientes para desencadenar esos procesos de desarrollo, teniendo entonces que, en lo general, dichos estímulos deben ser lo suficientemente grandes para lograr este objetivo.

Pongamos un ejemplo:

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

En una clase de segundo grado de secundaria, se va a trabajar el tema del baloncesto y para ello se define iniciar con un juego que sirva de calentamiento con una duración de 2 minutos en donde se realice un trabajo denominado "roba balón" en el cual por parejas, uno con balón y el otro sin balón, se trata de que el que tiene el balón lo esté botando constantemente y el que no lo tiene trate de quitárselo y si lo consigue se cambian los papeles, esto se puede hacer más complejo al señalar que ahora sean 4 o 6 parejas que hagan lo mismo, pero que puedan "robar el balón" a cualquiera de los que tengan el balón; posteriormente, se pasa a un trabajo de práctica de fundamentos como son el drible donde cada alumno con su balón hará un recorrido previamente establecido dentro de la cancha por 3 minutos con cambios de dirección y de velocidad, para posteriormente realizar un trabajo por parejas en donde se practiquen diversas formas de pase primero a pie firme y

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

posteriormente con desplazamiento por 5 minutos, para después hacer la práctica de tiros de entrada a la canasta primero con mano derecha y después con mano izquierda, siguiendo una progresión de enseñanza desde hacerlo primero con los pasos desde una posición inicial de parado sin carrera, después caminando, después corriendo y recibiendo el pase de un compañero y posteriormente por el lado izquierdo, todo esto por 3 minutos para después realizar una sesión de tiros donde el que va a tirar hace un recorrido de semiluna en la zona de tiro para estar recibiendo el balón por un compañero y hacer tiros desde diferentes ángulos durante 3 minutos más e ir intercalando la posición entre el que tira y el que pasa por 3 minutos más, para luego hacer un juego llamado "Reloj" donde se harán tiros a la canasta desde diversas posiciones también por 3 minutos más, y finalmente, cerrar con un juego de aplicación en media cancha donde equipos de 4 a 6 compañeros jueguen a tratar

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

de meter el máximo de canastas posibles y evitar que los contrarios metan, esto por 5 minutos y finalmente, cerrar la clase con algunos ejercicios de relajación y estiramiento durante 3 minutos para la vuelta a la calma. En este caso, la clase tuvo un volumen de carga de 46 minutos con una intensidad de moderada a intensa dadas las características de los ejercicios propuestos y considerando que era una clase de enseñanza, y en donde como una forma de controlar la intensidad, se les da la indicación de que a cada indicación del profesor se tomen el pulso y lo registren en un cuaderno dispuesto previamente para el efecto y en donde las pausas de descanso se dieron entre una actividad y otra y con la mirada experta del profesor para evitar la fatiga y controlar el ritmo de trabajo.

Finalmente, esto se traduce de la siguiente manera en cuanto a los denominados componentes de la carga:

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Componentes de las Cargas de Trabajo	
Volumen	Entendido como la cantidad de trabajo
Intensidad	Entendido como la calidad del trabajo
Densidad	Entendida como la relación entre trabajo y descanso
Frecuencia	Entendida como el número de veces por día o por semana en que se realiza un trabajo
Descanso	Entendido como el espacio de tiempo en el que no se realiza el trabajo y que permite los procesos de recuperación y Supercompensación necesarios para lograr los efectos de la carga de trabajo.

Cuadro 1. Componentes de la carga. Elaboración propia

En general, esto se traduce -en el campo de la educación física particularmente- en el sentido de que el estímulo de movimiento debe corresponder a un porcentaje de entre el 60 y el 80% de la capacidad de trabajo del alumno para considerarse como un estímulo lo suficientemente fuerte para desencadenar todos estos procesos de cambio adaptativo y funcional, además que estos

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

se deben combinar de tal forma que permitan desarrollar todos y cada una de las capacidades físicas, independientemente de lo que se refiere al aprendizaje de las acciones motrices y el desarrollo de las habilidades y destrezas.

En este mismo orden de ideas, presentamos a continuación lo que Ranzola (2000), denomina los **Objetivos biológicos del entrenamiento** y que en general, sirven para favorecer el desarrollo de las capacidades físicas dentro de la Educación Física:

Objetivos biológicos del entrenamiento*

De forma genérica, es posible decir que en el campo de la Educación Física se pretende el incremento en la capacidad funcional del alumno, para lo cual, se aplican cargas de trabajo que provocan efectos biológicos de Adaptación, con lo que, respetando las Leyes biológicas del Ejercicio y el Entrenamiento, se deberá proceder de la siguiente manera:

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

1) Aumento de la Resistencia Aeróbica con cargas que eleven la frecuencia cardiaca a un 70-80% de la FC_{máx.} durante por lo menos 10 minutos continuos con un método continuo invariable.

2) Desarrollo de un trabajo anaeróbico con cargas que eleven la FC al 80-90% con series que van de 4-6 y repeticiones de 3-4 c/u con el Método de Intervalos Intensivos con una duración de 30-45" por repetición con pausas de descanso de 1-2 minutos y de 6-8 de reposo entre cada serie. Por lo anterior, es necesario determinar la FC de Entrenamiento (Umbral aeróbico) con la siguiente fórmula:

$$FC \text{ Entren.} = FC_{\text{máx.}} - FC \text{ Reposo}$$

3) Aumento de la capacidad pulmonar vital, primero, a través de un trabajo aeróbico, seguido de un trabajo mixto (aerobio-anaerobio), que da por resultado el aumento del VO₂Max.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

4) Activación y aumento de las fibrillas musculares, lográndolo a través del método de Repeticiones con pesos medios con una carga distribuida de la siguiente forma:
Series Repeticiones % de Carga Pausas de Descanso
Principiantes 4-6 12-20 60-40% Micro 1-2' Macro 3-5'
Avanzados 7-8 Igual

NOTA: Con niños, no se deben rebasar las 6 series con 12 repeticiones para no caer en problemas de acumulación de ácido láctico.

5) multiplicación de Sarcómeros por medio del Método de Repeticiones medias con Cargas de: S R % PD 4-6 3-12 90-60 Igual

6) Engrosamiento de las miofibrillas con el Método de Repeticiones explosivas con cargas de: S R % PD 4-6 4-5 85-80 % Igual

7) Conversión de fibras alactácidas tipo IIa con el Método de Intervalos cortos con cargas de máxima intensidad con: S R % PD 8-12 6-8" en cada rep. Micro 60"

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

macro 6-8' Con esto se logra un aumento de reserva energética y enzimática en la miofibrilla.

8) Aumento de las Mitocondrias, que se logra fundamentalmente con el entrenamiento de altura (mínimo 21 días) con el método de intervalos intensivos con un trabajo anaeróbico del 85-90% de la FCmáx. S R % PD 2-6 6 Rep./min. Micro 1-2' Macro 6-8'

9) Engrosamiento de mitocondrias a través del método de intervalos medios con una carga de 90-95% FCmáx. S R % PD 2-6 4-6 Micropausas 1' Macropausas 6-8' 30-45 seg. de duración del trabajo.

*Tomado de Ranzola, (2000)

ECUACIONES PARA ESTIMAR EL REQUERIMIENTO ENERGETICO

<i>Gasto Basal</i>	MÁS	<i>Actividad Física</i>
Hombres	kilocalorías/día	Porcentaje
0-3 años	$60.0 \times \text{Kg de peso} - 54$	10% Ligera
3-10 años	$15.3 \times \text{Kg de peso} + 679$	20% Moderada
10-18 años	$17.5 \times \text{Kg de peso} + 651$	30% intensa

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

18-30 años	11.6 X kg de peso+879	30% intensa
30-60 años	11.6 X kg de peso+879	30% intensa
Mayor a 60 años	13.5 X Kg de peso+487	30% intensa
Mujeres	Kilocalorías /día	Porcentaje
0-3 Años	61.0 peso-51	10% Ligera
3-10 años	22.5 X Kg de peso +499	20% Moderada
10-18 años	12.2 x Kg de peso +746	30% Intensa
18-30 años	14.7 x Kg de peso +496	30% Intensa
30-60 años	14.7 x Kg de peso + 746	30% Intensa
Mayor a 60 años	10.5 x Kg de peso + 596	

Cuadro 2. Nutrióloga Medica, 1995

Nutrimento	%	Cantidad	Calorías
CARBOHIDRATOS	65%	1GR	4 KCAL
PROTEÍNAS	15%	1GR	4 KCAL
GRASAS	20%	1GR	9 KCAL
ALCOHOL		1GR	7 KCAL

Cuadro 3. Porcentajes recomendados y cantidad de calorías de cada nutrimento Nutrióloga Medica, 1995

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Capítulo II.

SISTEMAS DEL ORGANISMO HUMANO

A partir de este momento, se hará una breve descripción de todos y cada uno de los diferentes sistemas que conforman a nuestro organismo, así como las implicaciones que este tiene en el campo de la Educación Física, así que damos inicio.

Sistema Óseo o Esquelético.

Está conformado por 206 huesos que integran nuestro esqueleto desde la cabeza hasta los pies y que cumple una función de sostén. Se compone o está constituido por las células óseas u osteoblastos y producen moléculas de proteína que se conocen como factores de crecimiento y citocinas y que conforman la estructura ósea que controla la división celular, la diferenciación y la supervivencia. Así, tenemos los huesos del cráneo, del cuello, los hombros, brazos, tórax, espalda, cadera, muslos, pantorrillas y pies. No se hace una descripción detallada de cada uno de ellos ya que esto es algo que se estudia dentro de la formación profesional del educador físico, por lo que simplemente anexamos una imagen al respecto y comentaremos también que este sistema es el que le da el soporte o estructura de base a

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

nuestro organismo y dentro del cual se albergan el resto de los sistemas.

Del mismo modo, este sistema está conformado también por una serie de articulaciones, fijas o sinartrosis, semimóviles o cartilagosas y diartrosis o móviles la mayoría de ellas y que por tanto le permiten al ser humano su capacidad de desplazamiento, por lo que encontramos articulaciones fijas como las del cráneo y que se integran por los huesos frontales, temporales, parietales y occipital, mientras que en el cuello encontramos las vértebras cervicales, las cuales se conectan entre sí y con los hombros y la caja torácica así como también con el esternón y las correspondientes costillas, las vértebras que conforman la espina dorsal y los omóplatos así como también con las clavículas y pasando a la articulación del hombro con el húmero, el cúbito y el radio y los huesos propios de la

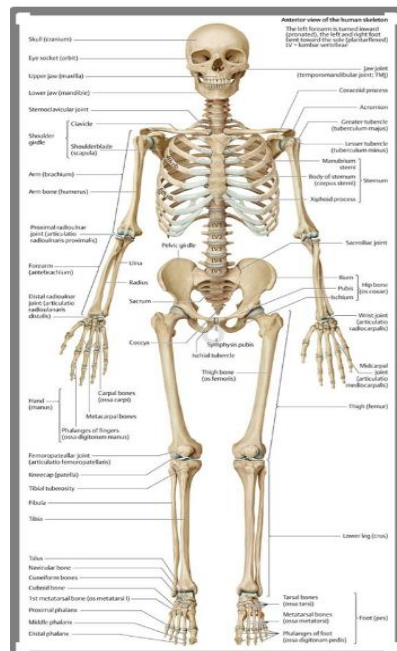


Figura 3. Sistema Óseo

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

muñeca y los dedos de la mano para posteriormente integrarse a la articulación de la cadera con sus huesos púbico, Ilíaco, sacro y coxis, para unirse a su vez con el fémur que es el hueso del muslo y con la tibia, el peroné y la rodilla para formar los huesos de la pierna, y terminar con los huesos del pie.

También es importante señalar que al interior de estos, se produce la médula ósea, la cuales cumplen una función vital en la producción de todas las células sanguíneas a partir de una célula madre hematopéyica por la cual se producen unos 500 millones de glóbulos rojos diarios, así como también los linfocitos que forman parte del sistema inmune de nuestro cuerpo.

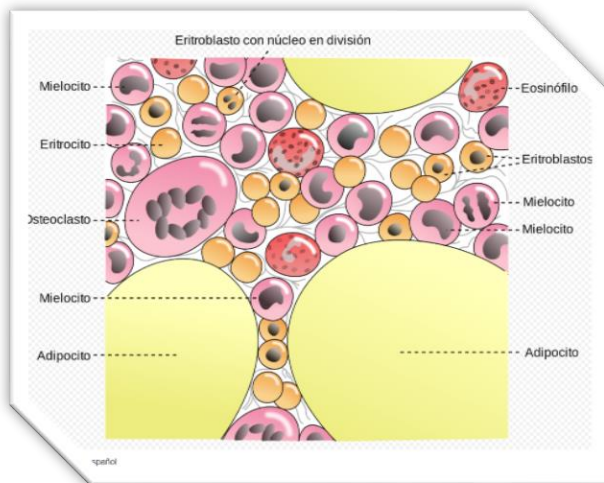


Figura 4. Esquema de la Médula Ósea y sus células

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Además, el sistema óseo cuenta con una serie de elementos que unen unos huesos con otros, entre éstos, se encuentran el cartílago, la cápsula articular, los ligamentos y los tendones de los músculos respectivos.

Las articulaciones son vitales para el movimiento, además de que sirven para la protección de los órganos internos y para soportar el peso corporal.

La cápsula articular es un tejido conectivo que se adhiere a los huesos involucrados en la articulación, manteniéndolos conectados.

Con el propósito de ser más claros en este tema mencionaremos a continuación el ejemplo de la articulación de la rodilla en donde se verán los componentes de los que se está hablando.

En términos de posicionamiento, la cápsula articular de la rodilla tiene su inserción proximal en el fémur, su inserción distal en la tibia y su inserción anterior en la rótula.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

La cápsula articular está reforzada por detrás por los músculos isquiotibiales y por los ligamentos poplíteos oblicuos y arqueados. En su parte media y lateral, la cápsula comienza proximalmente por encima de los cóndilos femorales y continúa distalmente hasta los márgenes de los cóndilos tibiales. Los ligamentos colaterales refuerzan la cápsula medial y lateralmente. Anteriormente, la rótula, el tendón del cuádriceps femoral en la parte superior y el ligamento rotuliano en la parte inferior completan la porción anterior de la cápsula articular. Las porciones anteromedial y anterolateral de la cápsula se denominan retináculo extensor o retináculo patelar medial y lateral.

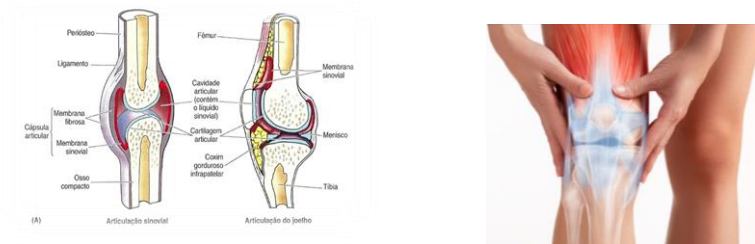


Figura 5. Elementos o componentes articulares

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

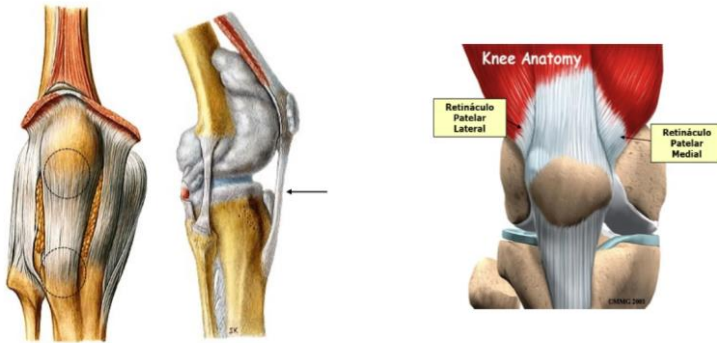


Figura 6. Ligamentos y meniscos de la rodilla

La cápsula sinovial está compuesta por una membrana que recubre las articulaciones, por un cartílago que separa a las superficies óseas de la articulación y está llena de una sustancia viscosa llamada *líquido sinovial* y que cumple la función de lubricar las articulaciones e impedir la fricción entre las superficies óseas, permitiendo de esta forma que su deslizamiento sea más eficiente y evitando su desgaste por una fricción excesiva. Los ligamentos por su parte son un tejido conectivo semielástico y fibroso que une a los huesos de una articulación, a la vez que los sujeta impidiendo que se salgan o

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

desplacen más allá de un cierto grado de movimiento. Además, son el tejido que cumple con la función propioceptiva de informar al SN acerca de los cambios en la posición de la articulación durante un movimiento.

Mientras que *los tendones*, son la parte terminal en los extremos de los músculos y que tienen una constitución fibrosa que les permite adherirse a los huesos y/o ligamentos para poder realizar la función de movimiento (ver figura anterior).

Además, algunas articulaciones cuentan con unos cojinetes o cartílagos llamados *meniscos* que están conformados por colágeno y fibras elásticas que cumplen una función de amortiguamiento entre las superficies articulares, facilitando el movimiento y evitando el choque entre ambas superficies óseas.

La importancia y el valor del conocimiento de esto para el docente de Educación Física es que le permite saber cómo está conformado el organismo del ser humano que

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

es con quienes trabajamos como entes físicos que poseen una estructura y una capacidad funcional y que ello le permite saber qué partes corporales está trabajando y cómo están compuestas, así como también, la forma de mejorarlas y en un momento dado, prevenir lesiones. Si bien no abarcamos todo lo que debe conocerse sobre este sistema, sí es importante dejar estos puntos esperando que sea de su interés abundar más en ello en las diversas fuentes bibliográficas y de videos que hay disponibles.

Sistema muscular

Está compuesto por más de 650 músculos que cumplen con la función primaria de producir el movimiento que realizamos en casi todo momento. Esta musculatura se compone principalmente de músculo estriado o voluntario que es el que conforma la mayoría en nuestro cuerpo, junto con este, tenemos músculo visceral y músculo cardíaco que es el que compone al corazón y que está

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

regulado por el sistema autónomo y por lo tanto, no es voluntario.

Generalmente, dividimos al sistema muscular por grupos o regiones que son: cuello, hombros, espalda, pecho, abdomen, muslos y piernas y dentro de estos se consideran tanto los músculos de la cara anterior como posterior de nuestro cuerpo.



Figura 7. Sistema Muscular Regiones corporales y músculos principales

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Cuello. músculos esterno-cleido-mastoideo en la cara anterior y el músculo trapecio superior en la cara posterior

Hombros. Deltoides en sus partes anterior, media y posterior.

Pecho. Pectoral mayor y menor

Espalda. Dorsal ancho, redondo mayor y menor, trapecio, supraespinoso, infraespinoso y lumbares

Brazo. Bíceps, ancóneo, tríceps, radial y cubital, pronadores y supinadores y músculos propios de la mano.

Abdomen. Recto anterior, oblicuos y transversales así como músculos intercostales

Muslo. *Cara anterior:* Vasto interno, vasto externo, recto femoral y sartorio. *Cara posterior:* semimembranoso, semitendinoso y bíceps crural, glúteo mayor y menor, así como el tensor de la fascia lata. Los abductores y aductores como los principales.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Pierna. Tibial anterior, peroneo lateral largo y corto, Sóleo, Gemelos y músculos propios del pie.

Desde luego, existe otra gran cantidad de músculos internos y más pequeños como por ejemplo, los músculos internos de la región de la ingle, o de la cadera, otros más como los músculos intervertebrales, los músculos de la cara y muchos más que no se mencionan pero que no por ello dejan de ser importantes y necesario su conocimiento.

<p>6 <i>Movimientos articulares por region muscular</i></p> <ol style="list-style-type: none">1. CUELLO: Flexión, Extensión, Rotación y Circunducción.2. HOMBROS: Flexión, Extensión, Abducción, Aducción, Rotación interna y externa, Circunducción, Abducción horizontal.3. TRONCO: Flexión, extensión, torsión izquierda y derecha, flexión lateral, y circunducción.4. BRAZO: Flexión, extensión, pronación y supinación.5. MANO O MUÑECA: Desviación radial y cubital, flexión, extensión, y circunducción.6. CADERA: Flexión, extensión, abducción, aducción, rotación interna y externa, y circunducción.7. RODILLA: Flexión y extensión.8. TOBILLO: Abducción Eversión, aducción Inversión, flexión plantar y extensión dorsal.
--

Cuadro 4. de los movimientos articulares por región muscular.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Por otra parte y entrando un poco a detalle se puede mencionar que todos nuestros músculos están compuestos por células llamadas miocitos y están compuestos por moléculas de actina y miosina que son la sustancia activa que permite generar el movimiento, así como también es necesario señalar que para ello existe el control nervioso a través de la denominada placa terminal motora que es la terminación nerviosa eferente, responsable de que se produzca el movimiento o contracción muscular respectiva.

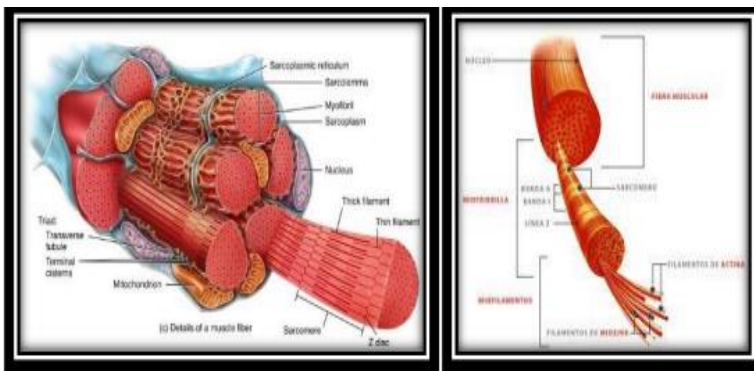
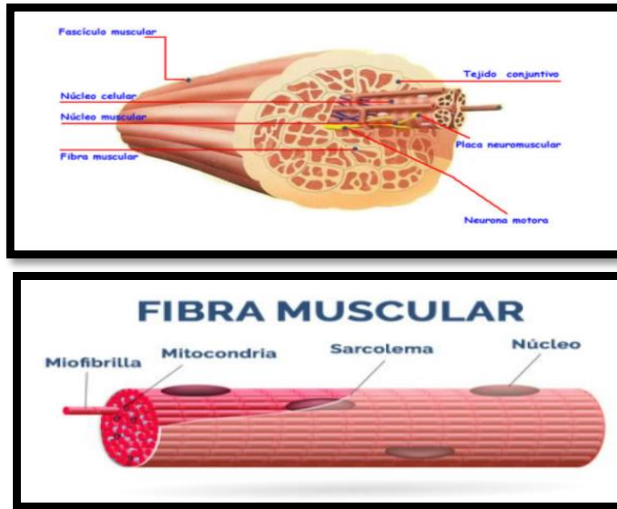


Figura 8. Composición del músculo en fibras musculares y miofibrillas

Fundamentos Biológicos de la Educación Física



Figuras 9 y 10. Otras vistas de la Composición de la fibra muscular

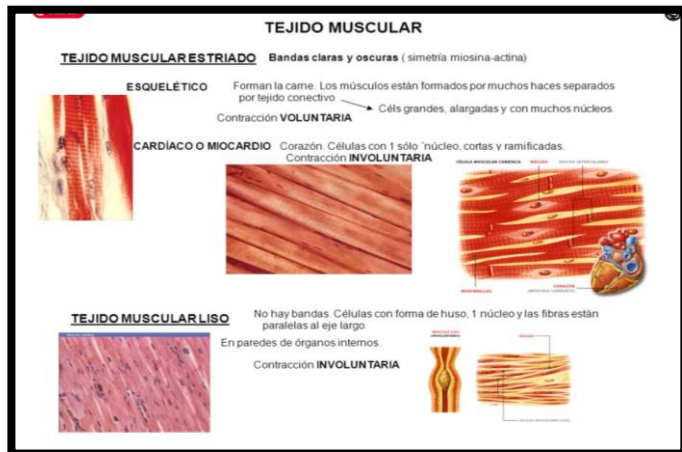


Figura 11. Tipos de fibras musculares

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Como se mencionaba, para que se produzca el movimiento, es necesaria la intervención de varios tejidos y órganos como son los huesos, las articulaciones, los músculos, los nervios, las arterias que conducen los nutrientes, los mecanismos de la producción energética que a nivel bioquímico permiten la contracción muscular y muchos otros más como los referidos a la eliminación de las sustancias de desecho.

Asimismo, dentro del sistema muscular se habla de que los diferentes músculos realizan movimientos de contracción y relajación y que, de acuerdo a su ubicación y el tipo de articulación que la compone, se pueden realizar flexiones, extensiones, pronación, supinación, rotación, circunducción, abducción, aducción, y que debido a ello, algunos músculos también cumplirán funciones de fijación para permitir que otros se puedan mover.

De igual manera, encontramos que los músculos tienen dos tipos de contracción: *isométrica e isotónica*, en

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

donde la primera se refiere a que sólo hay tensión pero no hay desplazamiento muscular, mientras que en la segunda sí lo hay; además, existe lo que se denomina un trabajo *auxotónico* o combinado, que consiste en la combinación de momentos de contracción isométrica e isotónica, que es la forma en como regularmente trabaja nuestro organismo. De igual forma, durante la contracción isotónica se habla de dos momentos, la *contracción concéntrica* cuando se da el acortamiento de las dos partes de la articulación y la *contracción excéntrica* o *pliométrica* que es cuando las partes articulares se alejan pero conservando un determinado grado de tensión mientras esto sucede, a diferencia de cuando una vez contraído el músculo, se relaja este dando como resultado la disminución del tono muscular que permite que los huesos de la articulación se separen o vuelvan a su estado original dando lugar a lo que conocemos como relajación.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Lo anterior es muy importante de conocer por parte del docente de educación física puesto que en ello radica la base de todas las actividades o ejercicios que realizarán nuestros alumnos y por lo cual es fundamental su conocimiento y dominio.

Asimismo, se puede hablar de los efectos del ejercicio sobre la musculatura siendo estos, el *incremento de la fuerza y/o del tamaño de los músculos conocidos como hipertrofia*, (y en ciertos casos, también se puede hablar de la *hiperplasia*, es decir, la creación de nuevas células musculares) siendo esto, resultado de los efectos acumulativos de la carga y de acuerdo a la metodología empleada buscando uno u otro efecto. Si bien en este momento no se hablará del tema de la fuerza o de las metodologías para el aumento de la masa muscular ya que no es la intención de este libro, sí es conveniente que el docente de educación física sepa que la base de dichas metodologías está en el conocimiento tanto de la

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

anatomía como de la fisiología, biomecánica y bioquímica del ejercicio para su desarrollo. (Sin embargo es recomendable revisar el tema de los objetivos biológicos del entrenamiento presentado en el primer capítulo de este libro.

Sistema circulatorio.

Este sistema está integrado por el corazón y una amplia red de vasos sanguíneos (arterias y venas) responsables del transporte -a través de la sangre, del oxígeno, de las hormonas que permiten la comunicación y funcionamiento de otros órganos y aparatos, de células que contribuyen a la protección a través del sistema inmune, a regular la temperatura corporal y el equilibrio hídrico, así como todos los nutrientes que requieren los diferentes órganos de nuestro cuerpo para su buen funcionamiento; asimismo como del retorno venoso que permite la eliminación de las sustancias de desecho producto del metabolismo.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

A grandes rasgos, podemos afirmar la existencia de un *sistema de circulación mayor* que se refiere al recorrido que hace la sangre desde el corazón hacia todos los rincones de nuestro cuerpo a través de las arterias, pasando por todos y cada uno de los órganos y aparatos; y de regreso a través del sistema venoso para llegar nuevamente la sangre hacia el corazón; mientras que la *circulación menor* se refiere al paso de arterias y venas a los pulmones, en donde se hace la recolección de oxígeno y la eliminación de CO_2 .

La función principal del sistema circulatorio (o cardiovascular) es entregar oxígeno a los tejidos del cuerpo y simultáneamente remover el dióxido de carbono producido por el metabolismo.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

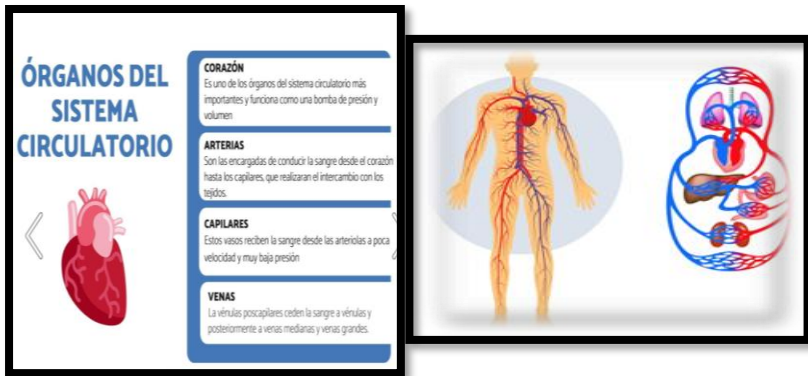


Figura 12 Sistema circulatorio, circulación mayor o sistémica y menor o pulmonar y principales órganos del sistema. Presentamos a continuación un cuadro que ofrece la síntesis de esto que hemos mencionado.

Puntos clave sobre el sistema circulatorio		Questionario de la tabla
Funciones	Transporte de gases, nutrientes, electrolitos, desechos, hormonas.	
Corazón	Capas: miocardio, endocardio, epicardio Cámaras: atrios izquierdo y derecho, ventrículos izquierdo y derecho Vasos sanguíneos: arterias (sangre oxigenada), venas (sangre desoxigenada)	
Vasos sanguíneos	Arterias, venas, capilares. Jerarquía: corazón → arterias → arteriolas → capilares (intercambio de gases, la sangre oxigenada se vuelve desoxigenada) → vénulas → venas → corazón	
Circulaciones	Pulmonar - venas cavas superior e inferior (con sangre desoxigenada) → atrio derecho → ventrículo derecho → arterias pulmonares derecha e izquierda → capilares de cada pulmón (oxigenación de la sangre) → venas pulmonares → atrio izquierdo - circulación sistémica Sistémica - Atrio izquierdo → ventrículo izquierdo → aorta y sus ramas → capilares → venas → venas cavas superior e inferior → circulación pulmonar Coronaria - aorta ascendente → arteria coronaria derecha → rama marginal derecha → arteria interventricular posterior, arteria coronaria izquierda, arteria interventricular anterior (se anastomosa con la interventricular posterior) → arteria circunfleja	
Sangre	Plasma con componentes celulares: Eritrocitos (glóbulos rojos) - contienen hemoglobina y transportan oxígeno por los vasos sanguíneos Leucocitos (glóbulos blancos) - células del sistema inmunitario Trombocitos (plaquetas) - células de la coagulación	
Relaciones clínicas	Aterosclerosis, enfermedad cerebrovascular, enfermedad arterial periférica, aneurisma, varices, arritmia, insuficiencia cardíaca	

Cuadro5. de los puntos clave del sistema circulatorio

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

En este mismo orden de ideas, es de suma importancia mencionar al corazón como uno de los órganos que forman parte de este sistema y el cual está compuesto de lo siguiente:

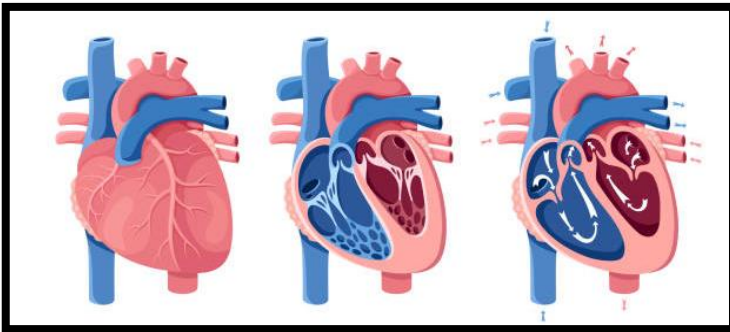


Figura 13. Las cavidades cardíacas.

Las cavidades cardíacas

El corazón está organizado en cuatro cavidades: dos aurículas y dos ventrículos, divididas en izquierdas y derechas. Además, existe un tabique o septo que separa ambos lados y un esqueleto cardíaco fibroso que separa las aurículas de los ventrículos. El flujo de sangre fluye entre cavidades cardíacas y en su comunicación con los vasos sanguíneos a través de válvulas. Las cuatro cavidades son:

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Aurícula derecha (AD): es la cavidad donde se encuentran las células donde se inicia el impulso cardíaco (células marcapasos) y que se sitúa en una región llamada nodo sinoauricular. Este impulso pasa por unas vías hacia el nodo auriculoventricular y desde ahí por otras vías a los ventrículos. Tras su contracción, bombean la sangre que les llega a través de las venas cavas superior e inferior hacia el ventrículo derecho por la válvula auriculoventricular derecha o válvula tricúspide.

Ventrículo derecho (VD): a esta cavidad llega la onda de presión procedente de la aurícula derecha y se contrae. Tras su contracción, bombea la sangre que le llega desde la aurícula derecha hacia la arteria pulmonar a través de la válvula semilunar derecha o válvula pulmonar para su oxigenación en los pulmones.

Aurícula izquierda (AI): a esta cavidad llega la onda de presión directamente desde la aurícula derecha a través de una vía particular. Tras su contracción

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

(sincrónica a la otra aurícula), bombea la sangre oxigenada que le llega a través de la vena pulmonar hacia el ventrículo izquierdo por la válvula auriculoventricular izquierda o válvula mitral.

Ventrículo izquierdo (VI): a esta cavidad le llega la onda de presión desde la aurícula derecha y se contrae, conjuntamente con el otro ventrículo. Tras su contracción, bombea la sangre que le llega a través de la aurícula izquierda hacia la arteria aorta por la válvula semilunar izquierda o válvula aórtica. El ventrículo izquierdo posee una capa de músculo cardíaca muy gruesa, pues es la cavidad que mayor presión debe desarrollar para bombear la sangre.

Por otra parte, encontramos a la sangre como un componente fundamental de este sistema ya que esta es un líquido que está compuesto principalmente de agua o plasma que circula a través de los vasos sanguíneos. En los seres humanos adultos, hay aproximadamente 5 litros

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

circulando por el corazón y los vasos sanguíneos. Como cualquier tejido conectivo, la composición de la sangre consiste en células y matriz extracelular. Las células sanguíneas, también llamadas elementos formes, son los eritrocitos (glóbulos rojos), leucocitos (glóbulos blancos) y los trombocitos (plaquetas). La sangre se produce en la médula ósea roja dentro de los huesos como ya se había mencionado. El componente extracelular de la sangre es un líquido conocido como plasma.

Los *eritrocitos* son células redondas y bicóncavas que no tienen núcleo y están llenas de una proteína unidora de oxígeno llamada *hemoglobina*. Además de unir el oxígeno, la hemoglobina también puede unir el dióxido de carbono. Es por esto por lo que la función de los eritrocitos es transportar el oxígeno hacia los tejidos, y el dióxido de carbono desde estos hacia los pulmones.

Los *leucocitos* (glóbulos blancos) son las células del sistema inmune que circulan en la sangre. Estas células

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

patrullan por los vasos sanguíneos en busca de microorganismos o partículas extrañas, y se activan una vez salen de estos y entran a los tejidos que necesitan una respuesta inmune.

A diferencia de los eritrocitos, estas células tienen núcleos y ciertos *gránulos citoplasmáticos*. Estas características, al igual que su color y su tamaño, nos ayudan a diferenciarlos en dos grupos morfológicos y funcionales diferentes: los granulocitos y los agranulocitos.

Los *granulocitos* son el grupo de leucocitos que poseen gránulos en su citoplasma. Todos tienen lisosomas (en ocasiones llamados gránulos azurófilos) y gránulos específicos que nos ayudan a diferenciarlos en subtipos.

Las *plaquetas* (trombocitos) derivan de los megacariocitos que se encuentran en la médula ósea. Su función principal es ayudar a frenar el sangrado cuando se lesiona un vaso sanguíneo mediante la formación de un coágulo.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Las plaquetas se adhieren a las paredes vasculares del vaso lesionado y reaccionan con la fibrina que se encuentran en el plasma, formando un coágulo sanguíneo firme en un tiempo aproximado de 1 a 3 minutos (tiempo de sangría)

El *citoplasma* es un líquido que consta de agua (92%), proteínas plasmáticas (7%) y otros solutos (1%; nutrientes, gases, electrolitos).

Las funciones principales de la sangre son muchas, pero algunas de las más importantes son:

- ✓ El transporte y entrega de oxígeno, nutrientes, hormonas y otras sustancias humorales.
- ✓ El transporte de dióxido de carbono (CO_2) y desechos metabólicos desde las células.
- ✓ Funciones vitales y reacciones del cuerpo tales como la coagulación, el equilibrio ácido-base y la termorregulación.

De acuerdo con su composición aproximada, la sangre se suele clasificar como oxigenada o desoxigenada.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

1. La sangre oxigenada proviene de la circulación pulmonar, fluye a través de las arterias y es rica en oxígeno y nutrientes, los cuales lleva hacia los tejidos. El oxígeno le da el color rojo claro a esta sangre.
2. La sangre desoxigenada proviene de los tejidos, fluye a través de las venas y es rica en dióxido de carbono y desechos tisulares, los cuales lleva hacia los pulmones para ser eliminados. El dióxido de carbono le da un color rojo más oscuro a esta sangre.

El conocimiento de esto es de gran importancia para el docente de educación física ya que le permite conocer cómo estos órganos, sistemas y sus funciones actúan antes, durante y después de las clases para considerar que como organismos biológicos reaccionamos de una forma especial ante los estímulos de movimiento que representan los ejercicios desarrollados durante las clases.

Un ejemplo de la importancia del conocimiento de este sistema es el uso de la frecuencia cardíaca para la

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

dosificación de las cargas de trabajo y la forma en cómo se puede enseñar a los docentes y alumnos a elaborar sus cardiogramas y la toma del pulso como a continuación se muestra:

FRECUENCIA CARDIACA

El papel de la Frecuencia Cardíaca como método de control y dosificación del esfuerzo

En primer lugar, debes saber que la frecuencia cardiaca normal en reposo oscila entre 60 y 100 latidos minutos (la frecuencia cardíaca -en latidos por minuto- se reduce gradualmente a través de los años de infancia), para una persona adulta, aunque existen diferentes aspectos que pueden alterar su estado, tal como te indicamos:

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

La siguiente tabla indica las variaciones normales de la frecuencia cardíaca desde el nacimiento hasta los 18 años de edad:

Edad	Pulsaciones
0-3 meses	123-164 p/m
3- 6 meses	120-159 p/m
6-9 meses	114-152 p/m
9-12 meses	109-145 p/m
12-18 meses	103-140 p/m
18-24 meses	98-135 p/m
2-3 años	92-128 p/m
3-4 años	86-123 p/m
4-6 años	81-117 p/m
6-8 años	74-111 p/m
8-12 años	67-103 p/m
12-15 años	62-96 p/m
15-18 años	58-92 p/m

Santos. S. (2022) *Pediatra y neumóloga infantil* / Electrónico [TuaSaúde](#)

Cuadro 6. Pulsaciones por edad.

Todos los valores que determinan la frecuencia cardíaca normal y máxima según la edad son orientativos, ya que la frecuencia exacta de la persona dependerá no sólo de la edad, el peso, el sexo o la frecuencia de la práctica deportiva, sino también del estado psicológico y las condiciones ambientales.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

La frecuencia cardíaca normal experimenta variaciones que se consideran normales, como cuando aumenta en respuesta a ciertas condiciones incluyendo el ejercicio, la temperatura corporal, la posición del cuerpo (como ocurre durante un breve periodo de tiempo al incorporarse rápidamente) y las emociones (como la ansiedad y la excitación).

De acuerdo con Joao Carlos Marins y Manuel Delgado Fernández, publicado en los Archivos de medicina del deporte en 2007 "*empleo de ecuaciones para predecir la frecuencia cardíaca máxima en carrera para jóvenes deportistas*", las fórmulas más utilizadas para calcular la frecuencia cardiaca son:

- El primero en calcular la FCM fue Robson en 1938, que estableció la fórmula $FCM = 212 - (0,775 * \text{edad})$.
- La fórmula más utilizada, al menos a nivel usuario, suele ser la de $FCM = 220 - \text{edad}$. Bastante

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

simple, como se puede ver, por lo que faltan variables que nos lleven a un resultado más acertado.

- En 2001, Tanaka propuso una nueva fórmula para calcular la FCM en adultos: $FCM = 208,75 - (0,73 * edad)$.

Además de estas fórmulas hay muchas más que quizás difieren en algún dígito de las anteriores, pero estas son las tres que más se utilizan.

La fórmula que más se acercó al resultado fue la de Tanaka ($FCM = 208,75 - [0,73 * edad]$), mientras que la clásica de $220 - edad$ fue desestimada por no considerarse adecuada como predictora de la FCM.

Si te interesa conocer tu FCM de una forma más precisa, puedes utilizar la fórmula de Tanaka: una simple ecuación ayudará a establecer zonas de entrenamiento y maximizar los resultados

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Tabla 2-27: Métodos para Determinar la Intensidad del Ejercicio		
INDICE	POSIBLES ZONAS DE ENTRENAR	FÓRMULA
%FCmáx-resv	40 - 85%	$[(FCmáx - FCrep) (\% \text{ Entrenar})] + FCrep$
%FCmáx	64 - 94%	$(FCmáx) (\% \text{ Entrenar})$
%VO ₂ R	40 - 85%	$(VO_{2máx} - VO_{2rep}) (\% \text{ Entrenar})$
METS	40 - 85%	$(METmáx) (\% \text{ Entrenar})$
Escala de Percepción del Esfuerzo (RPE) o Borg Scale	12 (Algo Fuerte) a 16 (Fuerte)	Ver Escala
NOTA. Adaptado de: <i>Guidelines for Exercise Testing and Prescription</i> . 7ma. ed.; (pp. 141-146), por American College of Sports Medicine, 2006, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. Copyright 2006 por: American College of Sports Medicine.		

Cuadro 7. Métodos para determinar la intensidad del ejercicio de acuerdo con la frecuencia cardiaca.

Existe otro método que a consideración de Lopategui (2012), es más acertado y se refiere al denominado método de Karvonen, que ofrece la siguiente fórmula, la cual toma en consideración la FC en reposo y de la cual ofrece un ejemplo.

De acuerdo con ello, es importante considerar el nivel de actividad física que se realiza y el grado de elevación de la FC durante su ejecución.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

$$FCE = [(FC_{\text{máx}} - FC_{\text{rep}}) (40 \text{ a } 85\%)] + FC_{\text{rep}}$$

Empleando los mismos datos del ejemplo anterior, la frecuencia cardiaca de entrenamiento se puede estimar de la siguiente manera:

Problema:

Determinar la frecuencia cardiaca de entrenamiento (FCE). Utiliza el método de Karvonen.

Dado:

Edad = 20 años

$FC_{\text{rep}} = 70 \text{ latidos} \cdot \text{min}^{-1}$

Porcentaje de Entrenamiento Deseado : 60%

Conocido:

Frecuencia Cardiaca Máxima ($FC_{\text{máx}}$) = $220 - \text{Edad}$

Fórmula de Karvonen = $FCE = [(FC_{\text{máx}} - FC_{\text{rep}}) (40 \text{ a } 85\%)] + FC_{\text{rep}}$

Solución:

$FC_{\text{máx}} = 220 - 20$

$= 200 \text{ latidos} \cdot \text{min}^{-1}$

$FCE = [(200 - 70) (.60)] + 70$

$= (130) (.60)] + 70$

$= 78 + 70$

$= 148 \text{ latidos} \cdot \text{min}^{-1}$

Cuadro 7 Forma de calcular la FC de entrenamiento

Además, el propio autor (Lopategui 2012/Pág.16), propone una forma para determinar la intensidad de la carga a través del uso de la frecuencia cardiaca de la siguiente manera:

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

convierta en latidos por minuto. También, la palpación del pulso se puede realizar durante 10 ó 15 segundo. En estos casos, multiplique por seis (6) y cuatro (4), respectivamente.

Para determinar la intensidad de un ejercicio utilizando la frecuencia cardiaca siga los pasos delineados en la Tabla 2-28.

Tabla 2-28: Determinación de la Intensidad del Ejercicio Mediante la Frecuencia Cardiaca (Pulso)

PROCEDIMIENTO - Lleve a cabo los siguientes pasos:

Paso # 1: *Calcula la frecuencia cardiaca máxima (FC_{máx}):*

$$FC_{máx} = 220 - \text{Edad}$$

Paso # 2: *Determina tu frecuencia cardiaca en reposo (FC_{rep}):*

Palpa tu pulso durante un minuto (latidos por minuto)

Paso # 3: *Calcula tu frecuencia cardiaca de reserva (FC_{resv}):*

$$FC_{resv} = FC_{máx} - FC_{rep}$$

Paso # 4: *Determina tu por ciento de entrenamiento deseado:*

40%, 50%, 55%, 60%, 56%, 70%, 75%, 80%, 85%, 90%

Paso # 5: *Multiplika el resultado del paso # 3 por el por ciento de entrenamiento seleccionado en el paso # 4:*

Ejemplo: (.40) (FC_{máx} - FC_{rep})

Paso # 6: *Sume el valor resultante obtenido en el paso # 5 a la frecuencia cardiaca de reposo (FC_{rep})*

RESUMEN: $FCE = [(.40) (FC_{máx} - FC_{rep}) + FC_{rep}]$

Cuadro 8. Para determinar la intensidad de la carga a través del uso de la frecuencia cardiaca

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

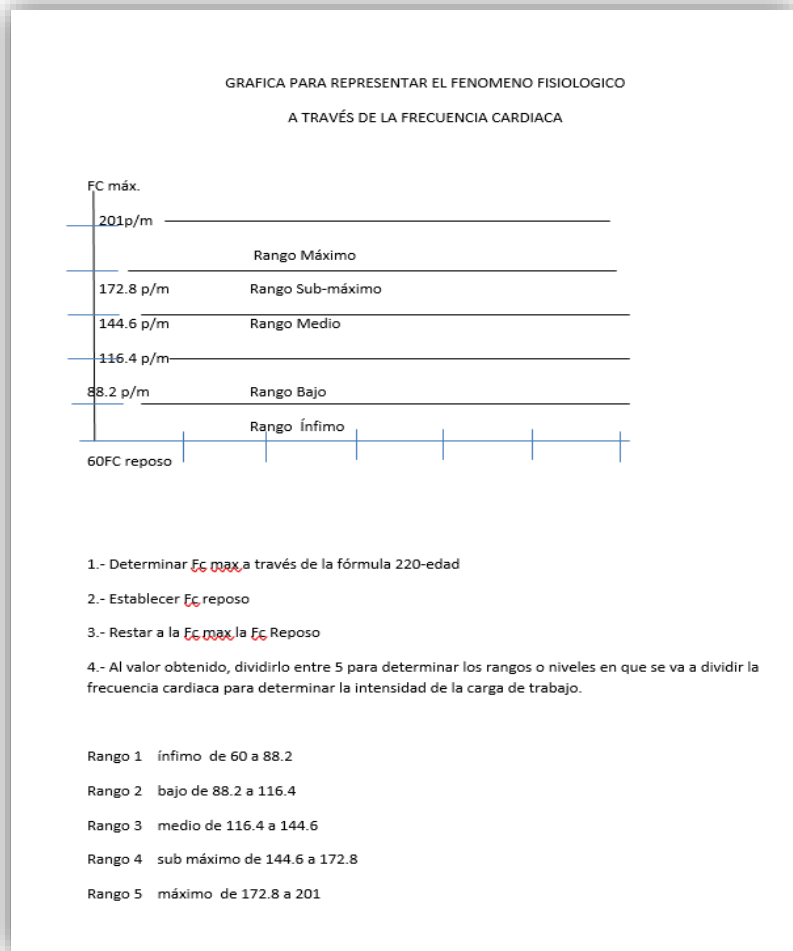
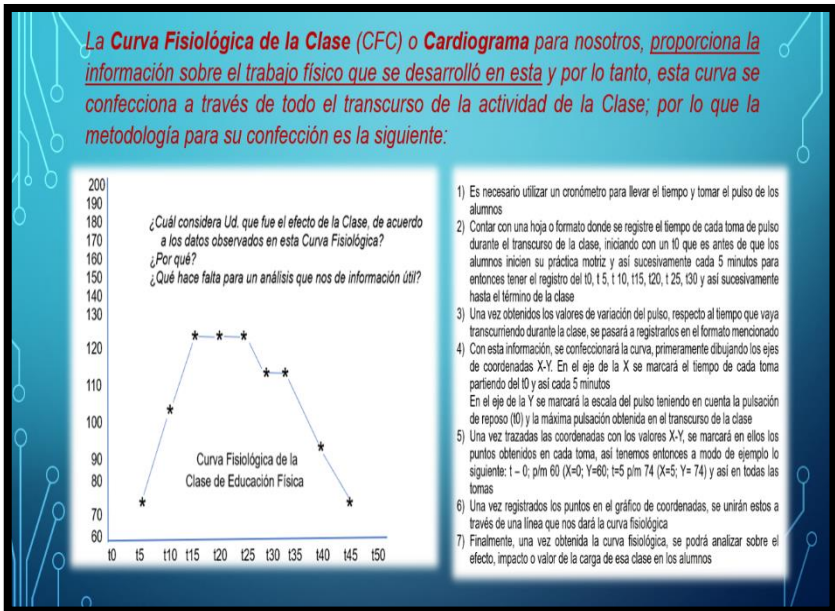


Figura 6. Gráfica y método para representar el fenómeno fisiológico de la frecuencia cardíaca conocida como curva fisiológica.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

LA CURVA FISIOLÓGICA



Cuadro 9. La curva fisiológica, metodología para su elaboración.

La obtención de esta Curva Fisiológica posee un gran valor pedagógico puesto que permite conocer la dosificación y aplicación de las cargas de trabajo durante la Clase, al tiempo que permitirá identificar posibles fallas en dicha dosificación de la carga de trabajo de forma fehaciente.

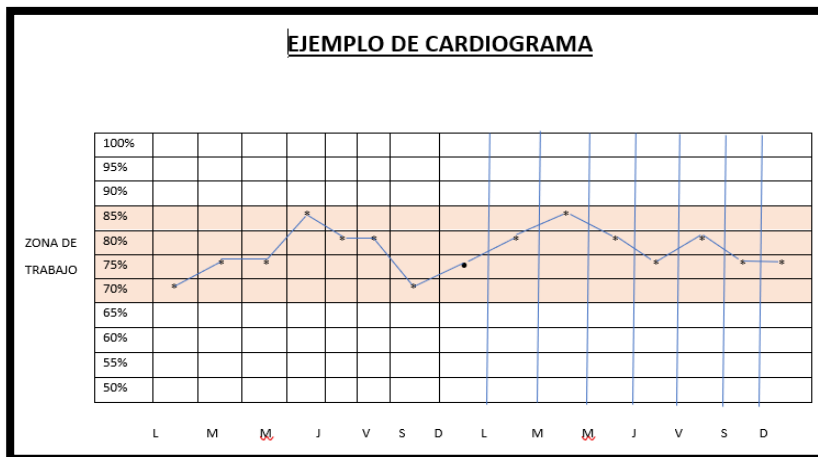
En este mismo sentido, se elaboró un formato al que se denominó Cardiograma y que no es sino la misma representación gráfica de cómo es el comportamiento de la

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

frecuencia cardiaca durante las clases de educación física y que viene a complementar muy bien lo que ya se explicaba respecto a la Curva Fisiológica de la Clase.

A partir de lo anterior es posible elaborar una gráfica que permita llevar el registro y control de la frecuencia cardiaca durante las clases de educación física y de esta forma, dar seguimiento a la evolución o mejoría de los alumnos tal y como se muestra a continuación.

Asimismo se ofrece esta gráfica que permite apreciar de manera visual el comportamiento de la frecuencia cardiaca de acuerdo a ciertos niveles de actividad y la forma de calcularlo.



Cuadro 10. Cardiograma, Elaboración propia, 2017.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

En cuanto a cómo tomarse la frecuencia cardíaca o pulso, la Clínica Mayo propone lo siguiente:

El pulso es la frecuencia cardíaca, o sea la cantidad de veces que el corazón late en un minuto. El pulso se puede tomar en la arteria radial en la muñeca o la arteria carótida en el cuello.

La frecuencia cardíaca varía de una persona a otra. Conocer tu frecuencia cardíaca te puede ayudar a evaluar la salud del corazón.

Instrucciones generales para tomarte el pulso

Para medir el pulso de manera precisa:

- Tómate el pulso todos los días a la misma hora.
- Siéntate y descansa por unos minutos antes de tomarte el pulso.
- Cuenta el pulso durante 60 segundos, a menos que el proveedor de atención médica te indique algo diferente.

Cómo tomarte el pulso radial

1. Con la palma de la mano hacia arriba, mira el área entre el hueso de la muñeca y el tendón del lado de la muñeca donde está el pulgar. Se puede tomar el pulso radial en cualquiera de las muñecas.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

2. Usa la punta del dedo índice y mayor de la otra mano para sentir el pulso en la arteria radial entre el hueso de la muñeca y el tendón del lado de la muñeca donde está el pulgar.
3. Aplica solo la presión necesaria para que puedas sentir los latidos. No oprimas demasiado fuerte o vas a obstruir el flujo sanguíneo.
4. Mira el minuterero en un reloj mientras cuentas las veces que sientes el pulso.
5. Registra la frecuencia del pulso.

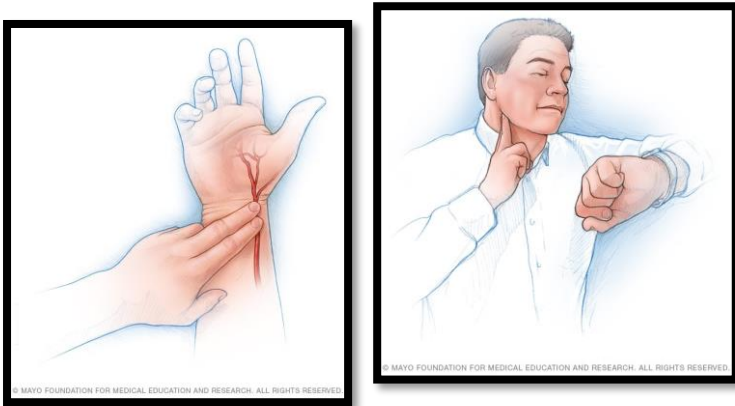


Fig. 14. Toma de la frecuencia cardiaca radial o carótida

Cómo tomarte el pulso con la arteria radial

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Usa la punta del dedo índice y el tercer dedo para sentirte el pulso en la arteria radial entre el hueso de la muñeca y el tendón del lado del pulgar de la muñeca.

Cómo tomarte el pulso en la carótida

1. Identifica la zona a un lado del cuello, cerca de la tráquea. Se puede tomar el pulso de la carótida en ambos lados del cuello. Evita hacerlo si te han diagnosticado placas en las arterias del cuello (carótidas).
2. Pon la punta del dedo índice y el dedo mayor en el surco del cuello a lo largo de la tráquea para sentir el pulso en la arteria carótida. No presiones sobre la arteria carótida en ambos lados del cuello al mismo tiempo. Esto puede hacer que sientas aturdimiento o mareos, o que posiblemente te desmayes.
3. Aplica solo la presión necesaria para que puedas sentir los latidos. No oprimas demasiado fuerte o vas a obstruir el flujo sanguíneo.
4. Mira el minuterero en un reloj mientras cuentas las veces que sientes el pulso.
5. Registra la frecuencia del pulso.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Sistema Respiratorio

Este sistema está compuesto por la nariz, faringe, laringe, los bronquios, bronquiolos y los pulmones, los cuales a su vez se integran por una enorme cantidad de pequeños sacos individuales llamados alveolos pulmonares que es donde se lleva a cabo el intercambio gaseoso. La importancia de este sistema es que a través de él se surte el oxígeno que es transportado por los eritrocitos que contienen los glóbulos rojas para llevar a este a todas las células del organismo para realizar sus funciones y obtener la energía necesaria para el metabolismo.

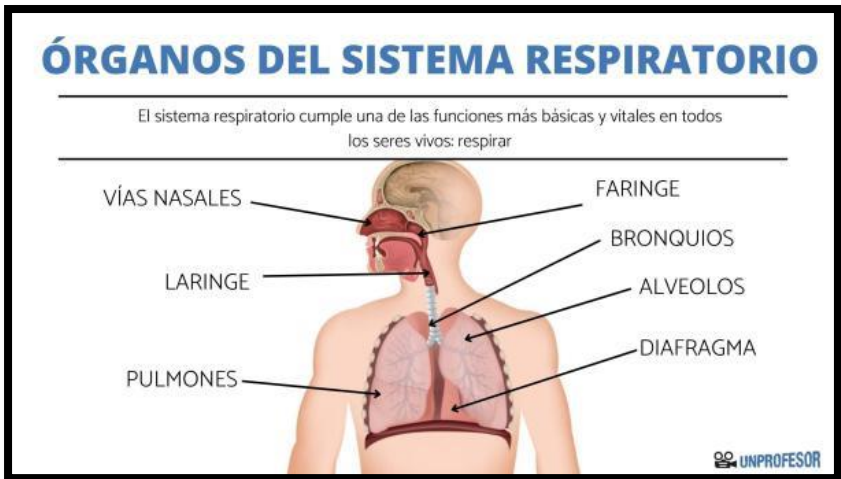


Figura 15. Esquema de los principales componentes del sistema respiratorio.

Este sistema es el que permite que los alumnos dentro de sus clases de educación física puedan realizar los ejercicios que se les enseñan y que requieren del oxígeno (que es captado por la nariz durante la inspiración del aire del medio ambiente) para ejecutar los movimientos desde el punto de vista aeróbico, a la vez que

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

conducir al dióxido de carbono para ser eliminado por la nariz al realizar la espiración.

El sistema respiratorio está estrechamente unido al sistema circulatorio, que se encarga de distribuir el oxígeno captado por el primero. Sin él, **el oxígeno no llegaría a las células** de destino, ni estas podrían deshacerse del CO_2 , que afectaría al nivel de pH del organismo. Teniendo esto en cuenta, vemos que la respiración se hace en dos etapas, *inhalación o inspiración*, que es cuando el aire entra al organismo, y *exhalación o espiración*, cuando se suelta. Los seres humanos, contamos con un sistema respiratorio que funciona en base a los pulmones, el órgano más importante del mismo.

Como seres vivos que somos, necesitamos del oxígeno para poder extraer energía de los ácidos grasos a través del metabolismo aeróbico que se realiza dentro de las mitocondrias celulares, que es la base energética de nuestro organismo, junto con el metabolismo anaeróbico

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

y glucolítico. Del mismo modo, la expulsión del dióxido de carbono es igualmente vital. Estas son sus dos funciones más elementales de este sistema.

Dentro de este sistema y en íntima relación con el mismo se encuentran los *músculos intercostales* los cuales se encuentran situados en el tórax y, junto con el diafragma, ayudan a la movilización necesaria para los movimientos de inhalación y exhalación. Asimismo, el *diafragma* que es un músculo de gran tamaño y forma delgada que está situado entre el tórax y el abdomen y que tiene la capacidad de contraerse y bajar, ampliando así la caja torácica (conformada por las costillas, esternón y la columna vertebral así como los omóplatos), permitiendo la expansión o relajación de los pulmones durante la realización del ejercicio. Debido a esto, el diafragma tiene como función básica la de contribuir a la captación del aire y del oxígeno del medio ambiente y el llevarlo a los pulmones a través de las denominadas

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

líneas aéreas superiores para posteriormente realizar el proceso de intercambio gaseoso propiamente dicho dentro de los alveolos pulmonares, a la vez que también contribuye a las capacidades de modulación de la voz.

La imagen muestra una vista ampliada de las vías respiratorias y los pulmones, así como de la tráquea, los tubos bronquiales, o bronquios, y los bronquiolos. La imagen también muestra un primer plano del intercambio de gases en los alveolos. La flecha azul muestra el oxígeno del aire inhalado pasando al torrente sanguíneo, y la flecha verde muestra el dióxido de carbono del cuerpo saliendo del torrente sanguíneo.

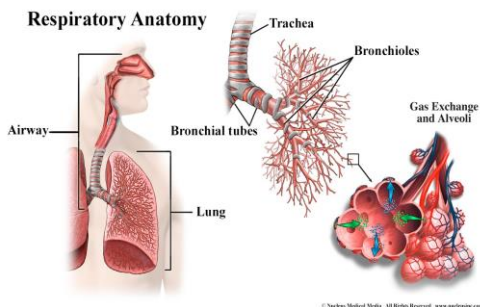


Figura 16. Elementos del Sistema respiratorio

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Para entender este proceso es conveniente saber que los pulmones están compuestos por alrededor de 150 millones de alveolos. Normalmente, estos son elásticos, con lo cual su tamaño y forma pueden cambiar con facilidad. Los alveolos pueden expandirse y contraerse fácilmente porque su interior está recubierto con una sustancia llamada surfactante, el cual reduce el trabajo requerido para respirar al ayudar a los pulmones a inflarse con más facilidad cuando inhalamos. También impide que los pulmones colapsen cuando exhalamos.

Cada uno de esos alveolos está formado por una red de diminutos vasos sanguíneos llamados capilares. Los capilares conectan la red de arterias y venas que transportan la sangre por el cuerpo.

En el punto más distal del árbol bronquial se encuentran unas pequeñas estructuras agrupadas en forma de racimo de uvas que son cruciales para nuestra vida: *los alvéolos pulmonares*.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Los alvéolos pulmonares son *estructuras microscópicas en forma de bolsas de aire que se encuentran en nuestros pulmones, en los extremos de otras estructuras, los bronquiolos. A menudo son descritos con forma de frambuesa o un racimo de uvas.*

En ellos se produce el intercambio de gases de la respiración, permitiendo la entrada de oxígeno en nuestro organismo y la expulsión del tóxico dióxido de carbono, además de cumplir con otras funciones.

De este modo, La arteria pulmonar y sus ramas irrigan sangre a los capilares que rodean los alveolos. Esa sangre tiene un alto contenido de dióxido de carbono y un bajo contenido de oxígeno, mientras que el dióxido de carbono pasa de la sangre al aire que se encuentra en el interior de los alveolos. Al mismo tiempo, el oxígeno pasa del aire a la sangre en los capilares.

Se describe a los alvéolos como sacos que, se encuentran separados los unos de los otros por medio de un

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

septo (fina pared de tejido que separa un alveolo de otro). El aire que se introduce al alvéolo de un acino puede ser transferido a los demás alvéolos del mismo saco a través de pequeños poros, puesto que los alvéolos que conforman un saco alveolar están muy relacionados entre sí.

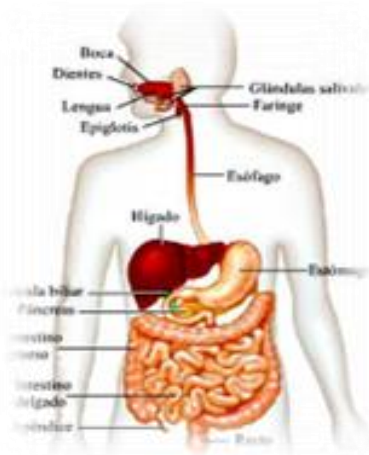
Por estos septos transitan los conductos capilares pulmonares. Estos conductos son ramificaciones delgadas de las arterias pulmonares, por las que circula sangre rica en dióxido de carbono (CO_2) y pobre en oxígeno (O_2). El destino de esta sangre es el intercambio gaseoso. Estos septos o paredes alveolares son muy delgadas, de apenas 0,5 mm de grosor, constituidas por una fina capa de tejido conectivo que contiene componentes de matriz extracelular y diferentes tipos de células. Las paredes alveolares, mejor llamadas membranas respiratorias, sirven como barrera de separación entre el aire en los alvéolos y la sangre.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Además, los pulmones cuentan con la Pleura, la cual es una membrana que tiene dos capas. El espacio entre esas dos capas se llama cavidad pleural. Un líquido resbaloso, llamado líquido pleural, actúa como lubricante para reducir la fricción durante la respiración.

Sistema Digestivo

Este sistema está compuesto por los órganos de la boca, las glándulas salivales, la lengua, epiglotis, faringe, el hígado, la vesícula biliar, el páncreas, el apéndice, el esófago, el estómago, los intestinos delgado y grueso y el recto cuya función es la de asimilar y degradar los alimentos para producir a través del proceso metabólico los nutrientes y energía necesarias para la supervivencia y la ejecución del movimiento.



Fundamentos Biológicos de la Educación Física

En esencia, este sistema está formado por todos los órganos que están implicados en el proceso de

La digestión, la cual consiste en transformar los ali---

Figura 17. Imagen del Sistema Digestivo con todos los órganos que lo integran.

-mentos en nutrientes que puedan ser aprovechados por el organismo para que pueda mantener sus funciones fisiológicas.

Su principal función es la de extraer los nutrientes que están presentes en la comida mediante la acción de enzimas y procesos físicos que transforman los alimentos en elementos más pequeños. Una vez se ha realizado esto, los nutrientes son absorbidos e incorporados en el torrente sanguíneo, por el cual viajarán por todo el cuerpo para llegar a las células. En el interior de las células se producen reacciones metabólicas que dan energía y sustancias para mantener la estructura celular.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Además de nutrir a nivel celular, el sistema digestivo se encarga de deshacerse de aquellas sustancias que no son beneficiosas para el cuerpo, ya sean sustancias no útiles o tóxicos y patógenos. Estos elementos son los que compondrán las heces, las cuales serán eliminadas mediante la egestión (proceso de evacuación).

A continuación explicamos todas las partes que constituyen este sistema, además de presentarlas en el orden en que se da la digestión y cuáles son sus funciones fundamentales durante este proceso.

Iniciamos con la boca, los dientes, la lengua y las glándulas salivales que es donde inicia todo el proceso digestivo al empezar a deshacer, moler, desgarrar, y triturar los alimentos para formar lo que se conoce como el bolo alimenticio, el cual empieza a transformar los alimentos producto del proceso de masticación y de la acción de los ácidos que liberan las glándulas salivales y que permite degradar y en cierta forma separar por así

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

decirlo los distintos componentes de los alimentos; una vez transcurrido un cierto tiempo de masticación y degradación, esta masa o bolo, pasa a través de la epiglotis hacia el esófago para continuar su paso hacia el estómago gracias a la capacidad de contracción de este órgano que permite que avance el bolo alimenticio a la vez que evita su retorno o reflujo a las áreas superiores; una vez terminado su recorrido, el bolo pasa a través del esfínter estomacal al estómago propiamente dicho en donde continuará su proceso de degradación gracias a los ácidos estomacales que permiten transformar las grasas simples y complejas en ácidos grasos, los azúcares en carbohidratos de cadena corta y larga y almidones, las proteínas en aminoácidos y mezclar todo esto con las enzimas necesarias para su conversión. Terminado este proceso, los alimentos ya degradados pasan al intestino delgado para ser absorbidos y llevados al torrente sanguíneo en sus formas más simples para ser

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

distribuidos en todos y cada uno de los órganos del cuerpo junto con el agua de la que vienen acompañados y en ella disueltas las vitaminas y minerales necesarios para completar con el proceso digestivo; luego de un largo recorrido de varios metros de longitud, los restos que quedan después de este proceso de digestión y que son los desechos mismos son transportados hacia el intestino grueso para ser eliminados finalmente en forma de heces y expulsados del organismo.

Durante este proceso intervienen además otros órganos como lo son el hígado, el cual produce la bilis que ayuda en la descomposición de las grasas y sirve como un regulador del paso de la sangre hacia el torrente sanguíneo; la vesícula biliar que se encarga de la concentración y almacenamiento de la bilis que produce el hígado y que irá liberando durante el proceso digestivo; y, el páncreas que es el encargado de producir la insulina y varias de las enzimas que contribuyen al proceso digestivo.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

A grandes rasgos es esto lo que denominamos proceso digestivo el cual en resumen consta de cuatro fases, la ingesta de los alimentos, la digestión o transformación de los alimentos, la absorción o paso de los nutrientes hacia la sangre y finalmente, la egestión o eliminación como ya se ha mencionado de los residuos de este proceso; y, que es el responsable de generar los nutrientes que permitirán su transformación en energía dentro de las células mismas.

Sistema Endócrino

Este sistema está compuesto por toda la serie de órganos (glándulas) que se encargan de producir las hormonas que van a facilitar o favorecer el trabajo de otros sistemas de nuestro organismo. Las glándulas endócrinas liberan hormonas en el torrente sanguíneo permitiendo que éstas lleguen a células de otras partes del cuerpo; así, tenemos al hipotálamo, la hipófisis la glándula tiroidea, el hígado, paratiroides, suprarrenales,

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

pineal, los ovarios y los testículos, (aunque el páncreas también es una glándula y produce hormonas y enzimas, ya se revisó en el apartado del sistema digestivo al igual que el hígado) las cuales producen una serie de hormonas que cumplen con diferentes funciones:

Ayudan a controlar el estado de ánimo, el crecimiento y el desarrollo, la forma en que funcionan los órganos, el metabolismo y la reproducción, regula qué cantidad se libera de cada una de las hormonas. Esto depende de la concentración de hormonas que ya haya en la sangre, o de la concentración de otras sustancias, como el calcio, en sangre. Hay muchas cosas que afectan a las concentraciones hormonales, como el estrés, las infecciones y los cambios en el equilibrio de líquidos y minerales que hay en la sangre., así como la práctica regular del ejercicio, el sueño y la alimentación y una correcta hidratación.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

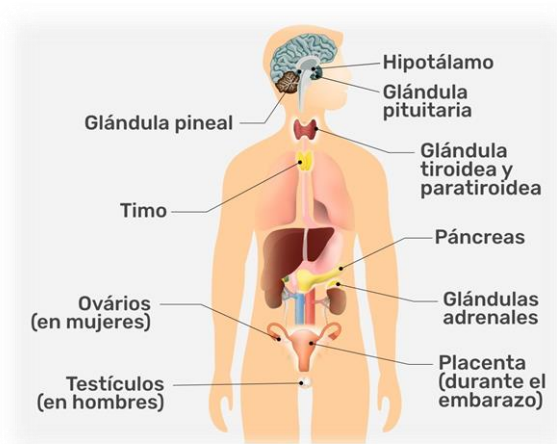


Figura 18. Sistema endócrino

El conocimiento por parte del educador físico de este sistema es fundamental dada la importancia de las funciones que desempeñan en los procesos de crecimiento y desarrollo de los alumnos, así como del valor de la práctica del ejercicio para eficientar su producción hormonal y favorecer los procesos referidos.

A continuación se presenta un cuadro de concentración que trata acerca de las glándulas, las hormonas que produce, su función y su relación con el ejercicio.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Cuadro de glándulas y Hormonas del sistema endócrino

Glándula	Hormona	Función	Relación con el ejercicio
Páncreas	Insulina y glucagón	Regulación de la insulina en sangre	Con la práctica regular del ejercicio esta glándula así como el resto de las aquí mencionadas incrementan notablemente su producción y liberación para mejorar el funcionamiento general del organismo, independientemente de las funciones específicas que cada una involucra.
Hígado	Factor de crecimiento similar a la insulina-1 (IGF-1), Bilis, Angiotensinógeno, Trombopoyetin, Hepcidina, Betatrofina	Facilita el proceso digestivo, favorece los procesos de crecimiento, el mantenimiento de la presión arterial, estimula a las células precursoras en la médula ósea para la producción de plaquetas	
Hipotálamo	Hormona que estimula a la hipófisis (vasopresina y oxitocina, además de otra que controlan la temperatura corporal, la frecuencia cardíaca y la sensación de hambre)	Regula la FC, la temperatura corporal, la sensación de hambre, estimula a la hipófisis, regular la sensación de alegría, y muchas otras más	
hipófisis	hormona del crecimiento, H, adenocorticotrófica, prolactina, tirotropina, antiidiurética y oxitocina, gonadotropinas	Favorecer el crecimiento, producción de leche materna, estimula a la tiroides, estimula la producción de hormonas tiroideas, regula la producción de la orina y de las hormonas sexuales, así como de la hormona de la felicidad	
tiroides	tiroxina y triyodotironina	Controlan el metabolismo	
paratiroides	hormona paratiroidea y la calcitonina, fabricada por la glándula tiroidea.	controla la concentración de calcio en sangre	
Suprarrenal	cortisol	Controlar las niveles de azúcar en sangre. La presión y el equilibrio de sal y agua en el cuerpo	
Pineal	Melatonina	Regula el sueño, secreta melatonina y es una poderosa hormona antioxidante	
Ovarios	Estrógenos y Progesterona	Estimula la formación de los caracteres sexuales secundarios así como el proceso de la menstruación y la capacidad de fecundación	
Testículos	Testosterona	Estimula la formación de los caracteres sexuales secundarios así y el proceso de producción de espermatozoides.	

Cuadro 11. Elaboración propia a partir de las fuentes consultadas.

SISTEMA NERVIOSO

Se hará a continuación un breve repaso sobre la estructura y función del sistema nervioso.

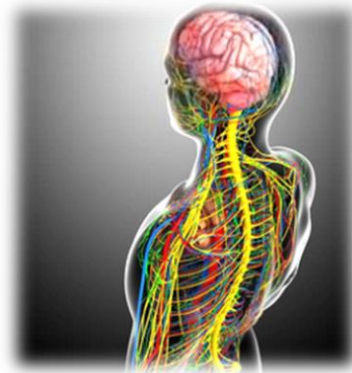


Figura 19. Sistema nervioso

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

El sistema nervioso está compuesto a grandes rasgos por tres partes principales, el Sistema Nervioso Central (SNC), el Sistema Nervioso Periférico (SNP) y el Sistema Nervioso Autónomo (SNA) que está compuesto a su vez por el Sistema simpático y Parasimpático. El primero consta del cerebro, el cerebelo y el bulbo raquídeo, mientras que el periférico está compuesto por la médula espinal y todos la gran cantidad de ramificaciones nerviosas que llegan hasta el último rincón de nuestro cuerpo.

Por su parte, el SN Autónomo, consta de los sistemas simpático y parasimpático. Los cuales se describirán posteriormente.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

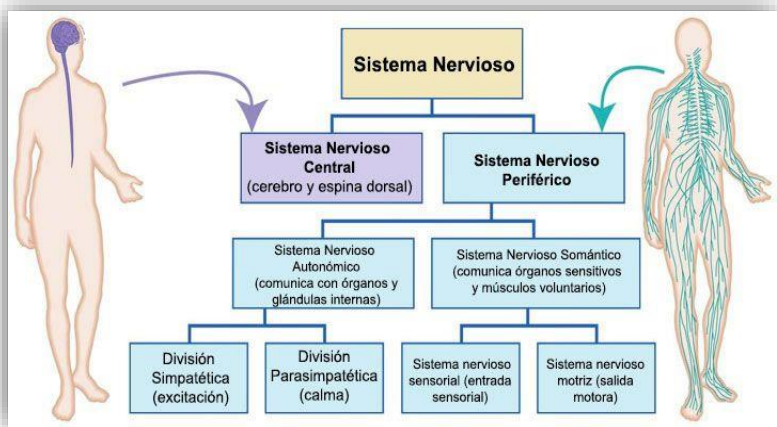


Figura 20. Organización del Sistema Nervioso

A partir de lo anterior, entraremos en algunos detalles que permitirán posteriormente ubicar algunos de los comentarios o de las zonas o funciones que se irán mencionando.

Empezaremos mencionando que el cerebro está dividido por dos hemisferios, derecho e izquierdo (y que estos están separados por lo que se denomina Cuerpo Calloso. Asimismo, ambos hemisferios a su vez están conformados o divididos para su estudio en áreas o lóbulos:

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Frontal, parietal, temporal y occipital (como se puede apreciar en la siguiente imagen del cerebro; y estas a su vez se distinguen o separan entre sí por los denominados surcos y en donde esta localización o denominación permite ubicar ciertas funciones o regiones en donde se ubican una serie de estructuras denominadas *Ganglios basales* que son un pequeño grupo de estructuras del cerebro o glándulas que cumplen funciones específicas y se sitúan por debajo de la corteza, y que tienen una gran importancia a la hora de controlar funciones de manera automática.

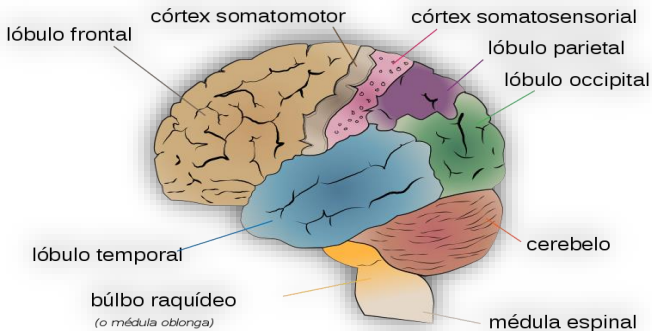


Figura 21. Lóbulos del cerebro

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

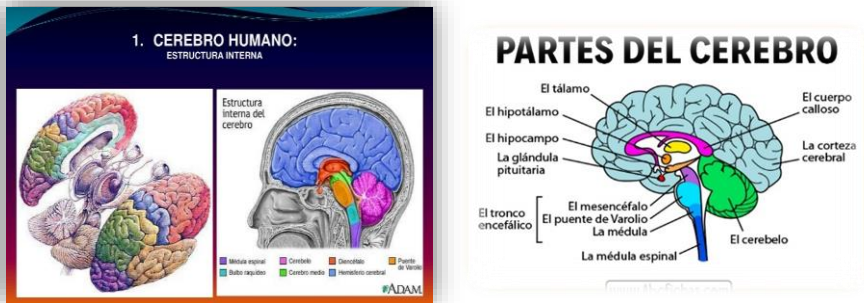


Fig. 22. Dos vistas de la estructura o composición del cerebro. Mientras que el **Cerebelo** o "cerebro pequeño", es la estructura del SNC que se encuentra por dentro de la cavidad craneal, en la parte posterior del **tronco del encéfalo**. Esta estructura se conecta con el tronco a través de los pedúnculos inferiores, superiores y medio. En cuanto a su anatomía, cuenta con dos partes, la primera es la estructura externa en la cual se observan los dos hemisferios que conforman el cerebelo, el *vermis* que se encarga de unirlos, los surcos profundos que dividen a los hemisferios en 3 lóbulos y las fibras de

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Purkinje que conducen el impulso eléctrico que se utiliza para las contracciones del corazón.

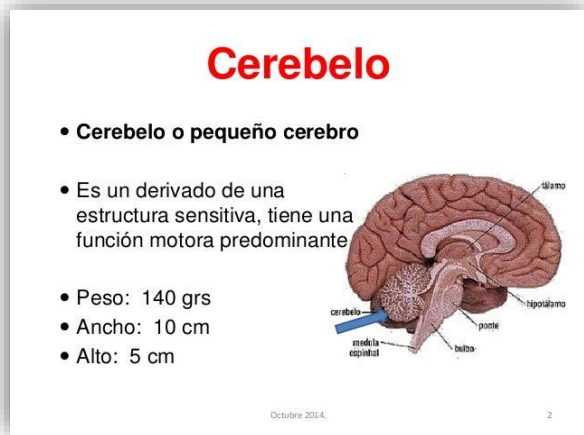


Fig. 23 Composición del Cerebelo

La otra parte es la interna, en esta ubicamos la corteza cerebelosa y los núcleos cerebelosos:

- La corteza está formada por la capa molecular con sus células estrelladas y en cesta; la capa de las células de Purkinje que contienen neuronas inhibitoras; y la capa granulosa donde se encuentran las células de Golgi, células de Lugaro, las

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

fibras trepadoras, las fibras paralelas y las corticales.

- Los núcleos cerebelosos, ubicamos el núcleo cerebeloso del techo, el núcleo intermedio y el núcleo dentado.

¿Qué función tiene el cerebelo?

Esta estructura tiene ***especial relación con el movimiento***, ya que este es el encargado de planificar, programar, y ejecutar los movimientos, además mantiene el equilibrio, incide sobre el tono muscular, la postura y en todo lo relacionado con la coordinación de la musculatura. Está dividido en 3 partes: *el arquicerebelo, el paleocerebelo y el neocerebelo*. Cada uno con funciones diferentes, en el caso del arquicerebelo este recibe información visual y propioceptiva, y además participa en la regulación del equilibrio; la otra parte que es el paleocerebelo interviene en el tono muscular y la postura; y finalmente el neocerebelo que trabaja en la

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

coordinación muscular y las diferentes variables del movimiento. Además, el cerebelo, para poder cumplir con su función necesita de un circuito funcional que se constituye por un *circuito neuronal de los núcleos profundos que es excitador* y un *circuito neuronal de la corteza cerebelosa que su función es controlar al primero.*

Por otra parte, el Bulbo Raquídeo es muy importante para nuestro organismo ya que conecta nuestro encéfalo con la médula espinal y garantiza nuestra supervivencia.

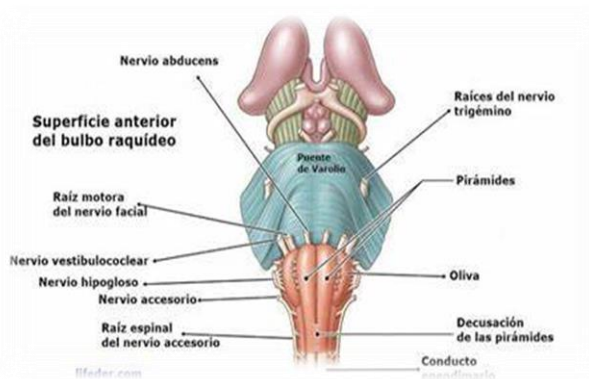


Fig. 24. Estructura del Bulbo Raquídeo

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

El bulbo raquídeo o médula oblongada *es una estructura subcortical que se encuentra situada en la parte baja del tronco encefálico.*

Sus conexiones nerviosas llevan a cabo funciones corporales básicas que garantizan nuestra supervivencia, tales como: *regular el ritmo cardiaco, mantener la función respiratoria, llevar a cabo la digestión, coordinar los movimientos del cuerpo, entre otros.*

El bulbo raquídeo es la estructura más caudal del tronco del encéfalo. Su forma es parecida a la de un cono invertido y conecta el encéfalo con la médula espinal.

Las superficies ventral y dorsal del bulbo raquídeo presentan protuberancias y fisuras únicas, las cuales están formadas por diferentes núcleos y tractos asociados, cabe destacar que los núcleos son agrupaciones de los cuerpos celulares de las neuronas; mientras que los tractos son agrupaciones de axones,

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

generalmente mielinizados, que conectan los núcleos de diferentes partes del SNC.

El bulbo raquídeo se encarga del control de las funciones involuntarias de las vísceras y el mantenimiento de la homeóstasis:

- **Sistema cardiovascular.** Mantiene la tensión arterial y la vasoconstricción; y regula el ritmo cardíaco.
- **Respiración.** Regula y mantiene la función respiratoria
- **Digestión.** Gestiona los músculos involuntarios que se involucran en este proceso. También regula la secreción de los jugos digestivos y participa en procesos de deglución.

El bulbo raquídeo también se encarga de *la transferencia de información sensorial, entre el sistema periférico y el sistema nervioso central*. Para ello, conecta los dos sistemas y envía información al *tálamo* que posteriormente es comunicada el resto del cerebro.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

El Sistema Nervioso Periférico (SNP) como se mencionó, está compuesto por la médula espinal que es una parte del SN localizada dentro del conducto vertebral y los nervios espinales. Se extiende desde el foramen magno hasta el nivel de la primera o segunda vértebras lumbares. Su anatomía refleja su función: conducir impulsos nerviosos entre el encéfalo y los demás órganos y tejidos del cuerpo. La médula es además el centro de los reflejos espinales.

Mientras que la Médula Espinal es la continuación caudal del tronco encefálico y se encuentra en el interior del conducto vertebral, un conducto óseo formado por los elementos posteriores y los cuerpos de las vértebras cervicales, torácicas y lumbares.

Así como la columna vertebral, la médula espinal se divide en segmentos: *cervical, torácico, lumbar, sacro y coccígeo.*

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

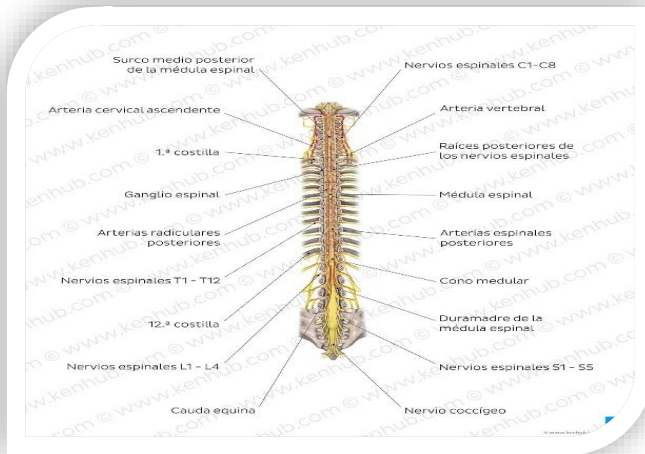


Fig. 25. La Médula Espinal

Cada segmento de la médula da lugar a varios pares de nervios espinales, que salen del canal vertebral a través de los forámenes intervertebrales. Existen 8 pares de nervios espinales cervicales, 12 torácicos, 5 lumbares, 5 sacros y 1 coccigeo, totalizando 31 pares.

Los nervios espinales, tienen la función genérica de llevar (vía eferente) y traer (vía aferente) los impulsos nerviosos emitidos y recibidos por el SNC y a su vez, por los recibidos del medio ambiente y de los estímulos propioceptivos e interoceptivos.

Como es sabido, nuestros principales receptores de estímulos son básicamente los órganos de los sentidos (vista, oído, olfato, gusto y tacto), así como también a

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

partir de receptores internos tanto kinestésicos como por temperatura o estados de estrés conocidos como se mencionó líneas arriba como propio e interoceptivos, todos ellos, son los que se encargan de captar o recibir la información (estímulos) del medio y transmitirla hacia el SNC donde al ser procesados por las diferentes áreas, pasan a ser de sensaciones a percepciones, las que una vez procesados, se emiten respuestas de acuerdo al estímulo recibido y esto se hace por las denominadas vías motoras o eferentes.

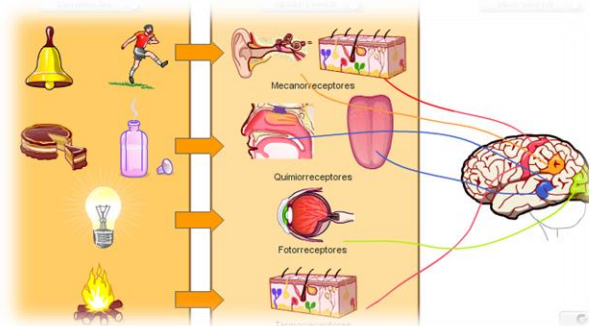


Fig.26. Relación entre órganos de los sentidos y los estímulos

El Sistema Nervioso Autónomo (SNA) también llamado Sistema Nervioso Vegetativo (SNV), es una de las dos divisiones que se han realizado del sistema nervioso a nivel funcional. Este sistema se encarga de conectar las

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

neuronas del sistema nervioso central con las del resto de sistemas corporales y órganos, formando parte tanto del sistema nervioso central como del periférico. Su función básica es el control de los procesos internos del organismo, es decir de las vísceras, siendo los procesos regidos por este sistema ajenos a nuestra voluntad.

Las conexiones con los diferentes órganos de este sistema son tanto motores como sensitivos, habiendo tanto eferencias como aferencias. Se trata pues de un sistema que envía información desde las distintas partes de nuestro cerebro hasta los diferentes órganos, provocando en ellos una reacción o actuación específica mientras que a la vez recoge información sobre su estado y la envía al encéfalo, donde podrá ser procesada y actuar en consecuencia. En el sistema nervioso autónomo predomina la presencia de eferencias, es decir, que mayoritariamente su función es la de emitir señales en dirección a los órganos.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Las neuronas del sistema nervioso autónomo que conectan con los diversos órganos del cuerpo lo hacen por norma general a través de los ganglios, habiendo neuronas pre y postganglionares. La actuación de la neurona preganglionar se debe siempre a la acción de la acetilcolina, pero en la neurona que interactúa entre el ganglio y el órgano diana la hormona liberada variará según el subsistema (acetilcolina en el sistema nervioso parasimpático y noradrenalina en el sistema nervioso simpático).

La función principal de este sistema es como ya se mencionó, el control de los procesos inconscientes e involuntarios, como la respiración, la circulación sanguínea o la digestión. Se encarga de mantener en forma y activados los procesos propios de los órganos internos y las vísceras, a la vez que permite la detección y el control de problemas internos. También nos prepara para hacer frente a situaciones concretas mediadas por el entorno,

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

como la secreción de saliva o enzimas digestivas ante la visión de alimentos, la activación ante posibles amenazas o la desactivación y regeneración del sistema a través del reposo.

Cualquier organismo con la complejidad de los animales vertebrados necesita de un sistema nervioso completo, con sistema nervioso central y sistema nervioso periférico, para coordinar las diferentes partes del organismo. Y entre los invertebrados también encontramos sistemas nerviosos sencillos, y otros complejos, como el del pulpo. Esto se debe a que entre los animales es necesario adaptarse a los cambios del entorno rápidamente, al moverse, a diferencia de los hongos y las plantas.

¿Qué controla el sistema nervioso autónomo?

Como parte del sistema nervioso encargado de controlar el correcto funcionamiento visceral inconsciente, el sistema nervioso autónomo se encuentra *inervando* la

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

mayoría de los órganos y sistemas corporales, con la excepción de los músculos y articulaciones que rigen el movimiento voluntario.

Concretamente, podemos encontrar que este sistema controla la musculatura lisa de las vísceras y de diversos órganos como el corazón o los pulmones. También participa en la síntesis y expulsión la mayor parte de secreciones hacia el exterior del cuerpo y parte de las endocrinas, así como en los procesos metabólicos y los reflejos.

Algunos de los órganos y sistemas en los cuales tiene participación este sistema son los siguientes: la vista, el corazón y los vasos sanguíneos, los pulmones, el tubo digestivo, los genitales y la secreción de enzimas y de residuos.

El sistema simpático, se encarga de preparar al organismo para la acción, facilitando la respuesta de lucha o huida ante estímulos amenazadores. Para ello produce

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

una aceleración de algunos sistemas del organismo e inhibe el funcionamiento de otros, realizando un gran gasto de energía en el proceso. Su misión es preparar al organismo para responder de forma rápida y efectiva ante situaciones de riesgo, restando prioridad a ciertos procesos biológicos y otorgándoselos a aquellos que nos permiten reaccionar con agilidad. Es por eso por lo que su función es de características ancestrales, aunque no por eso es menos útil; se adapta a las situaciones de la vida moderna y puede ser activado por ideas relativamente abstractas, como la certeza de que llegaremos tarde a una reunión de empresa.

Por su parte, el *Sistema parasimpático*, se encarga de volver a un estado de reposo tras un período de gran gasto energético. Regula y desacelera al organismo, permitiendo recuperar energía a la vez que permite el funcionamiento de diversos sistemas. Dicho de otra forma, se encarga de la regeneración del organismo,

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

aunque también interviene en la generación del orgasmo, algo que no parece tener mucho que ver con el resto de las funciones con las que comparte raíz biológica.

Existe un tercer Sistema nervioso denominado *SN Entérico*. Si bien el sistema nervioso parasimpático también tiene una influencia clara en el tracto digestivo, existe una subdivisión del sistema nervioso autónomo que se especializa de forma casi exclusiva del sistema por el cual incorporamos nutrientes a nuestro organismo. Se trata del sistema entérico, que inerva el tubo digestivo y regula su funcionamiento habitual.

Como se encarga de uno de los sistemas más importantes para la supervivencia, el sistema nervioso entérico tiene que ser fundamentalmente automático, y preocuparse constantemente por mantener el equilibrio bioquímico que existe en los diferentes medios del organismo, adaptándose a las alteraciones que puedan producirse dependiendo de lo que se ingiere, del estado de

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

activación, de las hormonas que circulan por la sangre, etc.

Entonces, nuestro sistema nervioso tiene en general esta conformación.

Por otra parte, sabemos que la estructura básica de todo este sistema es la Neurona, la cual está compuesta de un cuerpo central, un axón y las dendritas.

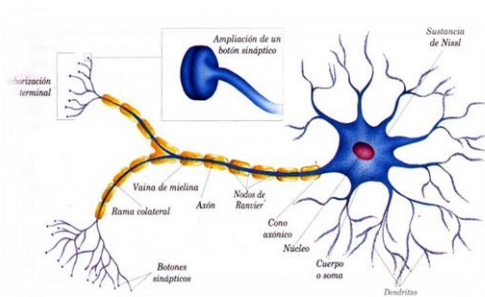


Figura. 27. Estructura o composición de la neurona.

Las neuronas son unas de las ***células más complejas*** y especiales del cuerpo humano. Desde hace años, las neuronas han fascinado al hombre y han sido objeto de estudio a diferentes niveles. las diferentes partes que podemos diferenciar en una neurona: *cuerpo o soma*,

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

núcleo, axón, dendritas, vaina de mielina, sustancia de Nissl, nódulos de Ranvier, botones sinápticos y cono axónico.

Las neuronas se denominan también células nerviosas cerebrales, ya que son las células que son las principales células que se encuentran en el sistema nervioso, aunque no son las únicas (existen las denominadas glías, las neuronas espejo, y otras más que en su momento se mencionarán de acuerdo al tema que se aborde.

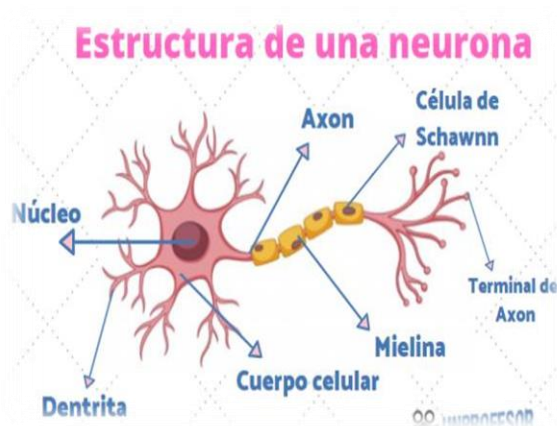


Fig.28. Estructura de la Neurona

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

La función de las neuronas es la de *procesar, almacenar y transmitir la información que recibimos desde el exterior y del interior de nuestro cuerpo*. Las neuronas son capaces de comunicarse a través de un proceso de señales químicas y eléctricas que pueden conectarse a través de neurotransmisores, es decir, el mensajero que se encarga de transmitir la información entre cada neurona.

Para poder realizar su función, la neurona tiene diferentes zonas dentro de sí, que se encargan de realizar distintas funciones; la función de cada una de las partes dependerá de que las demás hagan la suyas correctamente.

El cuerpo neuronal, si lo observas al microscopio, se puede diferenciar bien, ya que es la parte más ancha de la célula y tiene una característica forma de flor o estrella; es el lugar en donde tiene lugar la *actividad metabólica de la neurona*, es decir, donde ocurren todos

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

los procesos eléctricos y bioquímicos que permiten la transmisión de la información. Además, es el lugar donde *se forma el material genético* para su supervivencia celular (citoplasma), a través de la generación de proteínas y contiene distintos tipos de orgánulos celulares que permiten su mantenimiento.

La neurona posee un **núcleo** que se encuentra en el interior y es una estructura delimitada del resto del citoplasma por una membrana. En su interior se encuentra protegido el ADN, es decir, los genes de la neurona. El núcleo es el encargado de controlar la expresión del material genético y, por lo tanto, de regular todo lo que sucede en la neurona.

EL NÚCLEO

Contiene la información que dirige la actividad de la neurona. Además, en el soma se encuentra el citoplasma. En él se ubican otras estructuras que son importantes para el funcionamiento de la neurona.

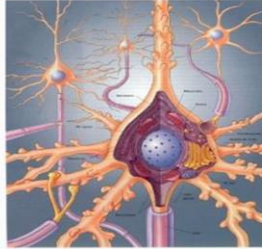


Fig. 29. El núcleo de la neurona.

El núcleo de la neurona es, como en el resto de las células, el centro de mandos de la célula. Asimismo, encontramos al **Axón**, el cual es una prolongación única que nace del cuerpo o soma de la neurona, es decir, que por cada neurona solo vamos a poder encontrar un axón, éste, se encuentra en la parte contraria a las dendritas y se encarga de conducir el impulso eléctrico hasta los botones sinápticos una vez ya se han recibido los neurotransmisores y el cuerpo se ha activado eléctricamente. Por tanto, la función principal del axón es liberar

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

los neurotransmisores, los cuales informarán a la siguiente neurona de qué hacer.

Por lo tanto, el axón es un tubo único que nace del cuerpo de la neurona y que, a diferencia de las dendritas, no capta información, sino que ya va encaminado a transmitirla.

Otro elemento o componente de la neurona son **las dendritas**, estas son prolongaciones de las neuronas que nacen del cuerpo y que conforman como de ramas que recubren todo el centro de la neurona.

Es por ello por lo que en ocasiones al conjunto de las dendritas de una neurona se le llama árbol dendrítico.

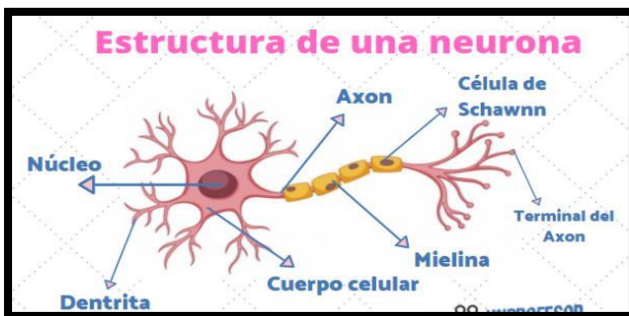


Figura 30. Partes de la neurona

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

La función principal de las dendritas es la de captar los neurotransmisores producidos por la neurona más cercana y enviar la información química al cuerpo de la neurona para hacer que esta se active eléctricamente y de esta forma, la neurona transmite la información de los órganos sensoriales al cerebro o viceversa, del cerebro a los órganos.

Por su parte, las **vainas de mielina**, aunque menos conocidas que las anteriores, son estructuras muy importantes para la función neuronal, ya que se encargan de facilitar el paso de la información generada en el soma. Las vainas de mielina permiten que el impulso eléctrico pueda fluir sin ningún problema dentro del axón, ya que son una especie de cápsulas hechas de proteínas y grasas, que recubren el axón hasta llegar antes de los botones sinápticos.

La vaina de mielina de las neuronas no es continua a lo largo de todo el axón. De hecho, la mielina forma

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

“paquetes” que forma “paquetes” que están ligeramente separados entre ellos. Cuando existe algún problema en la producción de mielina, la transmisión de información se hace más lenta, es decir, se ralentizan las respuestas y los impulsos eléctricos de las neuronas, ya que no pueden recorrer su camino con la velocidad adecuada. Estos problemas son los que aparecen en enfermedades neurodegenerativas propias de la edad avanzada.

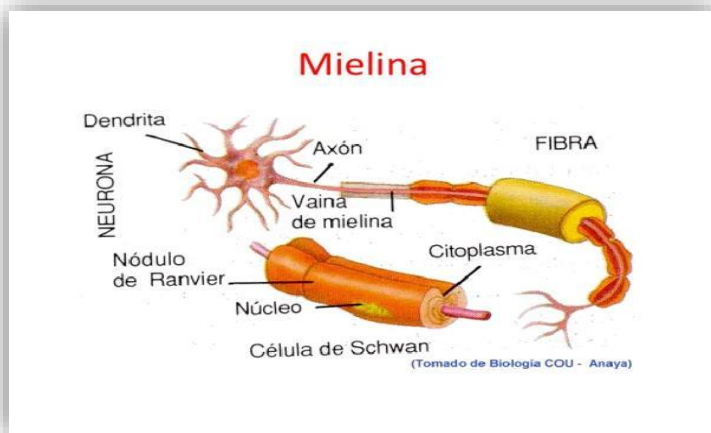


Figura. 31. Vaina de mielina

Por otra parte, existe una gran diversidad de neuronas las cuales tienen funciones específicas cada una de

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Gran parte de las células del sistema nervioso son las *células gliales*, que de hecho son las que más abundan en nuestro cerebro y que curiosamente tendemos a olvidar, pero el resto de la diversidad corresponde a las llamadas neuronas. Estas células nerviosas que reciben y emiten señales eléctricas se interconectan formando redes de comunicación que transmiten señales por distintas zonas del sistema nervioso a través de impulsos nerviosos.

El cerebro humano tiene aproximadamente entre 80 y 100 mil millones de neuronas. Las redes neuronales son las encargadas de realizar las funciones complejas del sistema nervioso, es decir, que estas funciones no son consecuencia de las características específicas de cada neurona individual, estas células nerviosas también tienen que adaptarse a esta multiplicidad de tareas. ¿Cómo lo hacen? Especializándose y dividiéndose en diferentes tipos.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Las neuronas siempre cumplen con la función de transmitir señales químicas, aunque la finalidad de estas puede variar.

Las neuronas se comunican entre sí sobre todo mediante el intercambio de unas moléculas llamadas neurotransmisores, las cuales sirven como "mensajeras" estimulando uno u otro tipo de reacción por parte de la neurona que las capta (aunque en casos excepcionales el intercambio de información no es químico sino eléctrico como ya se había mencionado).

Sistema Epitelial o tejido de recubrimiento

Está conformado por un grupo o conjunto de células muy estrechamente unidas que se disponen en capas y constituyen las cubiertas que protegen a nuestro organismo, entre ellas, la piel, mucosas, el peritoneo, la pleura, el pericardio, y el revestimiento de conductos. Su función es la de proteger a los órganos de los agentes externos,

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

además de permitir mantener constante la temperatura del mejor modo posible.

En los días calurosos en la piel y mediante la transpiración, permite bajar la temperatura a través del sudor que queda fijado durante un tiempo gracias al vello, mientras que en invierno evita la pérdida de calor gracias al hecho de aislar del exterior mediante una capa de células (cuya parte más externa está compuesta por células muertas).



Figura.33. Sistema Epitelial o Tegumentario

Éste se constituye como un límite entre los procesos biológicos internos, en los cuales es muy importante

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

mantener siempre un equilibrio entre distintas variables, y el medio que nos rodea, en el cual hay muchos fenómenos impredecibles ocurriendo constantemente y en cuyos procesos nuestro cuerpo no puede intervenir de manera directa. Por eso, si nos fijamos, cuanto más cercana a la superficie está una parte de la piel, menor es el coste de que algo el exterior la dañe: las células de la capa exterior están muertas y su principal función es crear una barrera protectora.

Para la Educación Física, el conocimiento de este sistema tiene una relación directa muy importante, ya que al trabajar con diversas actividades físicas los alumnos están al aire libre y expuestos a una serie de factores que son potencialmente agresivos para el organismo, por lo que se debe de considerar el tener los cuidados y dar las recomendaciones necesarias para su protección, así como saber que con la práctica regular del ejercicio este sistema se ve favorecido y fortalecido.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Sistema Reproductor

Este sistema del cuerpo humano se encarga de la procreación de la especie, no se olvide que a pesar de que no necesitemos reproducirnos para sobrevivir como individuos, sí lo necesitamos para sobrevivir como especie, y es por eso por lo que esta es una función biológica fundamental.

En el caso de los seres humanos, hay diferencias en la morfología de este sistema en función del sexo, dado que como todos los mamíferos, hemos evolucionado para que la reproducción surja a partir de la combinación de células sexuales de distinta clase. Como consecuencia de ello, los órganos sexuales también presentan dos variantes principales, pero en lo esencial, el sistema reproductor presenta varias similitudes entre hombres y mujeres.

El sistema reproductor masculino consta de testículos, los cuales se encargan de producir espermatozoides,

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

mientras que el femenino produce óvulos para ser fecundados.



Figura 34. Sistema reproductor

Si un espermatozoide logra llegar hasta el óvulo, se da la fecundación. Se formará un cigoto que nueve meses después será un bebé plenamente formado y es aquí donde la Educación Física inicia su proceso de intervención promoviendo y favoreciendo el crecimiento y

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

desarrollo del niño hasta llegar a su vida adulta y la vejez para que durante todo este trayecto de vida, goce de plena salud y un estado general de bienestar.

Sistema inmunológico

Se encarga de la defensa del organismo frente a patógenos, es decir, virus, bacterias y otros elementos nocivos para el cuerpo.



Figura. 35. Sistema inmunológico

Su objetivo es identificar a los intrusos, perseguirlos, atacarlos y eliminarlos mediante los glóbulos blancos,

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

los cuales son producidos en los ganglios linfáticos, el timo, el bazo y la médula ósea.

Cuando se detecta un patógeno, se activan varios procesos biológicos a modo de alarma, como lo son inflamaciones y producción de mucosidades y pus.

En este caso, la Educación Física contribuye de forma específica incrementando la capacidad del organismo para fortalecer este sistema gracias a que con la práctica del ejercicio se produce una mayor cantidad de glóbulos blancos y rojos, se mejora la circulación sanguínea y con ello el transporte de nutrientes a todo el organismo así como la eliminación de toxinas y el incremento de neurotransmisores que favorecen un mejor estado de salud y combaten eficazmente los problemas de estrés entre muchas otras cosas más.

Sistema linfático

Lo constituyen los ganglios linfáticos, además de los conductos y vasos por donde viaja la linfa. Es decir, que

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Por ello, está estrechamente relacionado con el sistema inmunológico, del que, dependiendo del criterio que adoptemos, puede ser considerado parte. Sin embargo, el sistema linfático tiene funciones que van más allá de la respuesta del organismo ante los agentes infecciosos.

Por ejemplo, la linfa transporta parte de las grasas que hay en el cuerpo, y a la vez, las redes interconectadas del sistema linfático participan en el drenaje del líquido intersticial, absorbiendo el exceso de líquidos de los capilares.

Así, se puede diferenciar entre el sistema linfático y el sistema inmunológico por el hecho de que el primero aborda procesos que no tienen nada que ver con la defensa del organismo, entre otras cosas.

En lo referente a la Educación Física, esta favorece una mejor circulación de la linfa por todo el organismo permitiendo que se eficiente su función al aumentar el riego sanguíneo mediante el ejercicio.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Capítulo III

La biomecánica y la Educación Física.

La biomecánica es la ciencia que se encarga del estudio del movimiento humano, utilizando los conocimientos de la mecánica, la ingeniería, la anatomía, la fisiología y otras disciplinas, para estudiar el comportamiento del cuerpo humano y resolver los problemas derivados de las diversas condiciones a las que puede verse sometido, para esto, busca cómo se da este, gracias al sistema de palancas y fuerzas generadas por los huesos, articulaciones y músculos del organismo que pretende solucionar problemas de movimiento; o bien, encontrar las formas más eficaces de su ejecución dentro del campo de la medicina, la fisioterapia, la educación física y el deporte.

A la biomecánica también se le conoce con los nombres de cinesiología o kinesiología y en todos los casos, tiene el mismo significado de estudio del movimiento humano.

De acuerdo con el blog Fisisio/online (2023),

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

"La biomecánica es una ciencia de la rama de la bioingeniería y de la ingeniería biomédica, encargada del estudio, análisis y descripción del movimiento del cuerpo, además de examinar las fuerzas en función de la estructura biológica y los efectos producidos por esas fuerzas" (Pág. 1)

Dentro del campo de las ciencias aplicadas, ésta permite encontrar las mejores soluciones para eficientar el movimiento, lo cual se traduce en las mejores técnicas de ejecución en las diversas actividades dentro de los campos antes señalados; para la educación física y el deporte, esto se traduce en las formas de ejecución de los ejercicios más adecuadas y eficientes posible, por lo que es de una gran ayuda: asimismo, esto permite diseñar una gran variedad de ejercicios e inclusive de equipos y aparatos para realizarlos, dando pie a lo que se conoce como la Ergonomía, es decir, que el equipo se diseña conforme a las características de quien lo va a utilizar permitiéndole optimizar su función y facilitando su ejecución, a la vez que previniendo posibles lesiones por una ejecución técnica incorrecta.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Los objetivos principales que persigue la biomecánica dentro de la educación física y el deporte son, entre otros:

- Analizar los movimientos que se realizan durante la práctica para lograr identificar *la forma más efectiva de realizarlos*.
- *Prevenir o evitar lesiones* durante la práctica
- Identificar aquellos movimientos en los cuales una persona tiene *más destreza*.
- Identificar actividades, esfuerzos o movimientos que puedan resultar lesivos.
- **Mejorar la ergonomía** en aquellas actividades en las cuales se deba emplear cierto equipamiento, o técnica, tales como el ciclismo, la carrera, el salto, un lanzamiento, etc.

De acuerdo con Gutiérrez (s/f), el estudio de la biomecánica es muy relevante debido a que recientemente se han incrementado los niveles de sedentarismo y la mecanización lo cual ha tenido una incidencia en el desarrollo físico normal de la población incluidos los participantes en educación física y el deporte por lo cual se están presentado una serie de desequilibrios corporales que se requiere corregir o atender; además, el alto desarrollo deportivo (incluido las instalaciones y el

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

equipo deportivo), exigen una perfección en la técnica deportiva, siendo así que en la biomecánica se ha encontrado un gran apoyo para este perfeccionamiento. En este sentido, el estudio de la biomecánica permite agrupar y esquematizar el gesto motor en función de las leyes mecánicas que actúan sobre él.



Figura 37. Imagen del estudio biomecánico de la carrera

Por lo anteriormente expuesto, se puede afirmar que la biomecánica dentro del campo de la educación física y el deporte tiene diferentes ámbitos de aplicación como son el de la educación y reeducación física no patológica, el aprendizaje y desarrollo motor, el rendimiento deportivo, el diseño de instalaciones y equipo deportivo, así como también en ciertos procesos de rehabilitación. Algunos de los textos o antecedentes históricos que

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

menciona Gutiérrez (s/f), son los que aparecen en el siguiente cuadro.

<i>Año</i>	<i>Autor</i>	<i>Texto</i>
384-322 a. C.	Aristóteles	<i>Parte de los animales, movimiento</i>
131-201	Galeno	<i>De Motu Musculorum.</i>
1452-1519	Da Vinci	<i>Estructura del cuerpo y sus movimientos.</i>
1553	Méndez	<i>Libro del ejercicio corporal y sus provechos.</i>
1608	Borelli	<i>De Motu Animalum.</i>
1836	Webers	<i>Die Mechanik deer menschlichen.</i>
1887	Muybridge	<i>Animal Locomotion.</i>
Técnicas Cinematográficas		
1889	Fischer	<i>Human Mechanics</i>
1890	Posse	<i>The Epecial Kinesilogy of educational</i>

Cuadro 12. Antecedentes históricos de la biomecánica.

De acuerdo con Euroinnova (2023):

*"Los movimientos y esfuerzos que puede realizar una persona durante la **práctica deportiva** están sometidos a las leyes de la física. Esto se debe a que generamos fuerza y la aplicamos sobre un plano siguiendo una dirección específica y esta fuerza es el resultado de la **acción de los músculos**; esta es entonces la que nos permite realizar dicha **actividad física**."*

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

*El objetivo principal de la Biomecánica en el Deporte es el de maximizar la eficiencia de estas fuerzas que generamos al movernos para conseguir alcanzar el máximo **rendimiento deportivo**. Partiendo de esta meta, se pueden tratar otras áreas relacionadas con la **práctica deportiva** como es la **prevención de lesiones** o la mejora de la **ergonomía** en ciertos elementos como en una bicicleta o al momento de correr". (Pág. 1)*

Como se puede apreciar, son varias las fuentes que explican qué es la biomecánica, sus funciones y objetivos, las características principales, permitiendo así tener una idea clara de lo que esta es.

Abundando un poco más al respecto, los contenidos principales que permiten el estudio del movimiento humano dentro del campo de la biomecánica son los siguientes:

- Estudio del movimiento desde el punto de vista tanto de la física como de la fisiología y la forma de efficientar este
- Estudio de las fuerzas que permiten la realización del movimiento desde esta misma perspectiva
- Estudio de trayectorias, vectores, parábola, ángulos, leyes de la inercia, combinación de fuerzas, planos corporales, gimnásticos. etc.
- Desarrollo de técnicas o gestos motores en función de los estudios antes referidos
- Desarrollo de formas de prevención o terapéuticas en los casos que así se requiera

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

- Creación de instalaciones y equipamiento didáctico y deportivo que recurre a la ergonomía como un área específica de la biomecánica
- Aplicación de los conocimientos desarrollados en los campos de la educación física, el deporte, la terapéutica, la prevención, la industria, etc.

Además de todo lo relativo a los movimientos específicos de la educación física y el deporte, se valoran también otros aspectos como son:

- ✓ Comprobación de los rangos articulares de todas las articulaciones que intervienen en el esfuerzo.
- ✓ Comprobación de la posible existencia de asimetrías en las extremidades, como diferentes longitudes de pierna o brazo, lo cual puede influir de manera negativa en el rendimiento deportivo.
- ✓ Valoración de la posición estática del deportista, bien sobre una bicicleta, de pie, sobre una canoa...
- ✓ Valoración de la posición dinámica del deportista, realizando los movimientos habituales de su modalidad deportiva.

Todos los datos obtenidos en el estudio permiten a un deportista o atleta:

- ✓ Corregir la postura durante el ejercicio.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

- ✓ Detectar anomalías anatómicas que pueden influir negativamente tanto en la salud como en su rendimiento.
- ✓ Adaptar el equipo a las medidas anatómicas del deportista.
- ✓ Elegir el equipamiento más indicado para esa persona.

Los profesionales de la Educación Física tienen presente las características físicas del cuerpo humano y los principios de la mecánica para guiar con eficacia los movimientos que realizan sus estudiantes.

Además, tienen la habilidad de realizar un análisis cualitativo mediante la observación y evaluar los momentos críticos de la ejecución del movimiento.

Este análisis resulta de gran importancia en la prevención de lesiones y en la correcta ejecución de los movimientos, que van desde una sentadilla, lagartija, saltos verticales, etc., hasta una posición de defensa en baloncesto, recepción de balón en fútbol asociación o subir y bajar del step, por mencionar algunos.

Conforme a lo anterior y de acuerdo a Vital Sports (s/f), es posible señalar lo siguiente (en aras de una forma de divulgación del conocimiento y no pretendemos de ninguna forma señalar que la autoría de la siguiente información es nuestra sino de dicha página electrónica:

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

"Puesto que la biomecánica es el estudio de los movimientos y fuerzas asociados al cuerpo humano; va a ser necesario establecer una serie de referencias sobre las cuales medir y cuantificar estos aspectos, por lo tanto se han de estudiar:

Planos anatómicos

En el cuerpo humano se han establecido 3 planos imaginarios, y son los siguientes:

- **Plano medio o sagital:** se trata de un plano vertical que atraviesa el cuerpo dividiéndolo en dos mitades, derecha e izquierda.
- **Plano frontal:** también llamados coronales, es un plano vertical que divide el cuerpo en las mitades frontal y posterior.
- **Plano transversal:** es aquel plano horizontal que atraviesa el cuerpo dividiéndolo en las mitades superior e inferior.

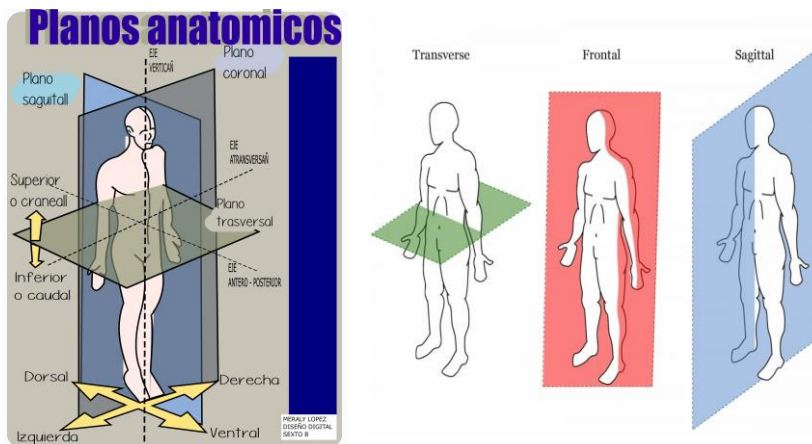


Figura38, planos anatómicos.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Ejes anatómicos del movimiento

Los ejes anatómicos son aquellas líneas que atraviesan el cuerpo, y que sirven como referencia para los movimientos.

Cuando dos ejes se unen conforman un plano como los que se han descrito anteriormente. En el cuerpo humano se han establecido 3 ejes corporales:

- **Eje frontal-horizontal:** llamado también eje **transversal**, atraviesa el cuerpo de lado a lado (de izquierda a derecha). Debe contar con una articulación como punto de referencia.
- **Eje longitudinal:** también llamado eje **vertical**, atraviesa el cuerpo de arriba abajo.

Eje sagital horizontal: llamado también **anteroposterior**, atraviesa el cuerpo de delante a atrás.

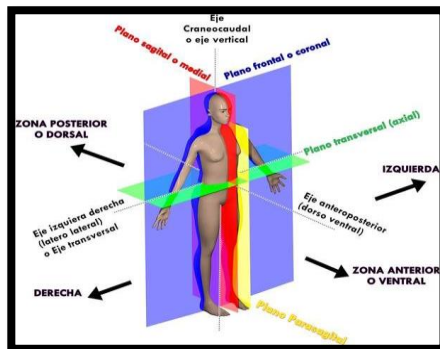


Figura 39. Ejes corporales o anatómicos.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Gracias al conocimiento de estos planos y ejes es que se puede ubicar cualquier parte del cuerpo durante la ejecución de un ejercicio como bien puede ser un giro, una rodada, un salto, un lanzamiento, un determinado gesto técnico, etcétera". (Pág. 5)

Asimismo, se agrega lo siguiente:

Movimientos biomecánicos del cuerpo humano

"Siempre que hayamos leído la descripción de algún ejercicio o de movimiento a realizar en cualquier ejercicio o deporte, habremos observado que se emplean una serie de términos que, para algunas personas, pueden sonar extraño.

Estos términos son una de las bases conceptuales de la biomecánica deportiva, por ello resulta conveniente conocer a qué se refiere cada uno de ellos:

- **Flexión:** movimiento en el cual se aproximan dos huesos.
- **Extensión:** movimiento opuesto a la flexión, ya que consiste en alejar dos huesos.
- **Abducción:** movimiento debido al cual un segmento corporal se aleja de la línea media del cuerpo. Su concepto sería el de "separar".
- **Aducción:** movimiento opuesto a la abducción. En este caso un segmento corporal se acerca a la línea media del cuerpo.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

- **Rotación externa:** es el giro hacia el lateral (exterior) de una articulación o segmento.
- **Rotación interna:** es el giro hacia el medial (interior) de una articulación o segmento.
- **Rotación axial:** cuando una articulación o segmento gira sobre su propio eje, bien sea longitudinal o vertical.
- **Pronación:** movimiento de rotación del antebrazo para situar las palmas de las manos mirando hacia abajo.
- **Supinación:** movimiento de rotación del antebrazo para situar las palmas de las manos mirando hacia arriba.
- **Eversión:** movimiento de la articulación del tobillo mediante el cual se desplaza la punta de pie hacia el lateral (exterior).
- **Inversión:** movimiento de la articulación del tobillo mediante el cual se desplaza la punta de pie hacia el medial (interior).
- **Flexión lateral:** movimiento que se realiza con el tronco o con el cuello, de forma que desde una posición neutra se hace un desplazamiento hacia la izquierda o derecha.
- **Desviación cubital:** movimiento de muñeca que consiste en desplazar la mano lateralmente, y tomando como primer dedo el meñique.
- **Desviación radial:** movimiento de la muñeca para desplazar la mano lateralmente, tomando como primer dedo el pulgar". (Pág.6)

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

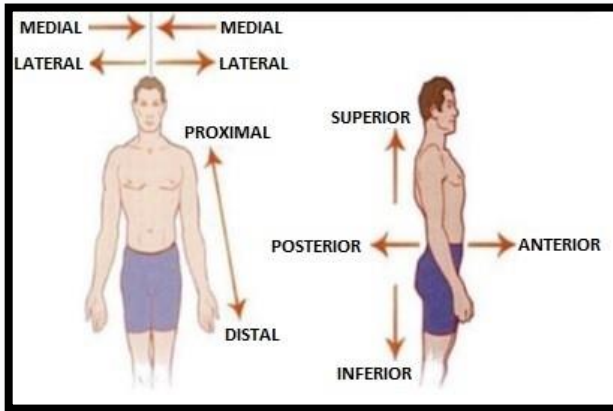
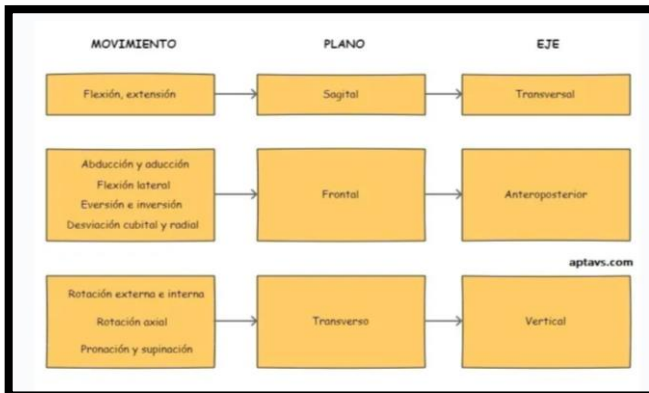


Figura 40. Ubicación de zonas del cuerpo de acuerdo a la vista o ubicación del miembro y/o de la articulación

¿Qué relación existe entre planos, ejes y movimientos?

Una vez vistos estos conceptos base de la biomecánica, se puede establecer sobre qué ejes y planos se va a producir cada uno de los movimientos que podemos realizar.



Cuadro 13. relación entre planos, ejes y movimientos.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

“¿Cómo se cuantifica el movimiento y el esfuerzo en biomecánica?”

Está claro que conocer los diferentes movimientos, por sí mismo, no nos va a aportar mucha información a nivel biomecánico, ya que para obtener una información completa es necesario cuantificar esos movimientos y esfuerzos.

Aquí es donde entran en juego conceptos como la fuerza, los vectores, la masa, la gravedad...

*Las fuerzas ejercidas se suelen medir en **Newtons (N)**. Una fuerza es el resultado de una masa y una aceleración, siendo las unidades de estos dos elementos el kilogramo (kg) para las masas, y el metro por segundo al cuadrado para las aceleraciones (m/s^2).*

Estas fuerzas son aplicadas de forma vectorial, de forma que se sitúan tomando como referencia los planos y los ejes que hemos descrito anteriormente.

Colocar las extremidades y articulaciones en una determinada posición permitirá aumentar esa fuerza ejercida y, por lo tanto, también la aceleración; algo importante en algunas disciplinas deportivas.

El concepto de torque en biomecánica

*El torque se trata del **efecto de rotación que produce una fuerza**, al ser aplicada en un punto diferente al centro de un eje.*

Explicado de otra forma, es el resultado de una fuerza multiplicada por una distancia, y también puede ser llamado par.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

¿Y por qué es importante el concepto de torque en biomecánica aplicada al deporte? Porque es una medida de la efectividad de una fuerza al ejercer una acción sobre un sistema de palancas.

El torque o par producido por un músculo va a variar en función de la posición en la cual se encuentre la articulación, por lo tanto, uno de los propósitos de la biomecánica deportiva es estudiar en que posiciones este torque es máximo" (Págs. 7 y 8).

Todos los conceptos explicados hasta aquí son solo una pequeña introducción de todo lo que supone la biomecánica a nivel físico-deportivo, para mejorar el rendimiento y prevenir posibles lesiones

A continuación se presenta un ejemplo elaborado a través de la inteligencia artificial acerca del análisis biomecánico de la carrera con obstáculos:

Instrucción dada por el autor y a partir de lo cual la IA elaboró el análisis.

Elabora un análisis biomecánico de la carrera con obstáculos en la fase de ataque a la valla y la forma en cómo se desplaza el centro de gravedad, las fuerzas que actúan y la trayectoria tanto de la pierna de ataque como la de recuperación y el aterrizaje para iniciar el nuevo paso

ChatGPT

"El análisis biomecánico de la carrera con obstáculos en la fase de ataque a la valla implica una comprensión detallada

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

de cómo se mueve el cuerpo del corredor y cómo interactúan las fuerzas durante esta fase crítica de la carrera. Esta fase se caracteriza por la aproximación y superación de la valla, que requiere una combinación de velocidad, técnica y coordinación para minimizar la pérdida de energía y maximizar la eficiencia del movimiento. A continuación, se analizan los aspectos biomecánicos clave de esta fase:

1. **Posición del cuerpo y centro de gravedad (CG):** El corredor se acerca a la valla con una zancada larga y rápida. La posición del cuerpo es erguida, pero ligeramente inclinada hacia adelante para mantener el impulso. El CG se encuentra en el centro de la masa corporal y se desplaza hacia arriba y hacia adelante a medida que el corredor se acerca a la valla.
2. **Fuerzas que actúan:**
 - **Fuerza de reacción del suelo:** La pierna de ataque golpea el suelo justo antes de la valla, generando una fuerza hacia arriba y hacia adelante. Esta fuerza proporciona la elevación necesaria para superar la valla.
 - **Fuerza de gravedad:** Actúa hacia abajo desde el CG del corredor, lo que ayuda a mantener el contacto con el suelo y a estabilizar el cuerpo.
 - **Fuerza de inercia:** El cuerpo del corredor está en movimiento y tiende a mantener su trayectoria, lo que contribuye al desplazamiento hacia adelante.
3. **Movimiento de las piernas:**

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

- **Pierna de ataque:** La pierna de ataque es la que se extiende hacia adelante y golpea el suelo justo antes de la valla. La articulación de la cadera se flexiona para elevar la pierna y superar la valla. La rodilla se flexiona para permitir la elevación de la pierna, y el tobillo también se flexiona para adaptarse a la altura de la valla.
 - **Pierna de recuperación:** La pierna de recuperación es la que se coloca sobre la valla para superarla. La articulación de la cadera se flexiona aún más para elevar la pierna y llevarla sobre la valla. La rodilla y el tobillo se mantienen flexionados para evitar golpear la valla.
4. **Aterrizaje y transición:** Después de superar la valla, el corredor aterriza en el suelo con la pierna de ataque. La rodilla de la pierna de ataque se flexiona para absorber el impacto, y el tobillo se flexiona ligeramente para una transición suave. La pierna de recuperación se desplaza hacia adelante para prepararse para el siguiente paso.
 5. **Trayectoria:** La trayectoria de la pierna de ataque es una curva ascendente y hacia adelante para superar la valla. La pierna de recuperación se mueve hacia adelante y sobre la valla en una trayectoria similar. La trayectoria del CG es una línea curva ascendente, ya que se eleva para superar la valla y luego desciende cuando el corredor aterriza”.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

En resumen, la fase de ataque a la valla en la carrera con obstáculos implica una compleja interacción de fuerzas y movimientos biomecánicos. La técnica adecuada, la coordinación y la fuerza son cruciales para superar la valla de manera eficiente y minimizar la pérdida de velocidad. Un análisis biomecánico ayuda a comprender cómo se optimizan estos factores para lograr un rendimiento óptimo en esta fase de la carrera.



Figura 41. Análisis biomecánico del pase de obstáculos

En esta imagen se muestra el momento en que el deportista “ataca” la valla y se aprecia la posición del cuerpo, los brazos, la pierna de ataque y la pierna de recuperación.

Al análisis anterior se le podrían hacer más especificaciones para por ejemplo, solicitar qué tipo de palanca se utilizó para el despegue de la pierna de apoyo, los músculos principales que participan en ese movimiento,

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

la parábola o ángulo óptimo de la pierna de ataque, la posición más apropiada de los brazos, el grado de inclinación del tronco y un sinfín de cosas más y que esto se hace generalmente a través de cálculos matemáticos y el uso de fórmulas para ello, así como un equipo especializado que puede arrojar a través del uso de señalamientos ópticos todos y cada uno de los movimientos que realiza el corredor durante toda la carrera.

Desde luego que esto es sólo una pequeña parte de todo lo que implica el estudio de la biomecánica pero que permite tener una idea clara de cómo y para qué se utiliza dentro de la educación física y el deporte para obtener los mayores beneficios y ser capaces de impartir mejores clases con una sólida formación científica.

Estamos conscientes de que son muchos los temas que han quedado fuera de este documento respecto del estudio de la biomecánica pero insistimos en que este libro es más que nada de divulgación, por lo que

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

recomendamos a quienes estén interesados en esto, recurrir a las fuentes de información que aparecen al final del libro y de que esta es una de las razones de por qué dentro de la formación inicial del educador físico, es necesario conocer con mayor amplitud y profundidad este y otros temas que hemos tratado y muchos más que no se incluyeron aquí.

Como complemento o parte de este mismo tema, encontramos los relativos a la **Antropología Física** que de acuerdo con Varea y Tomás (s/f)

“en tanto que aproximación integradora a la comprensión de nuestra especie, incorporando dimensiones evolutivas, ecológicas y bioculturales, ha realizado aportaciones fundamentales al conocimiento de aspectos clave de nuestra biología, orígenes, evolución y variación, a través del tiempo y el espacio, mediante el estudio de poblaciones humanas pasadas y presentes” (Pág. 1).

Una de las características fundamentales de la Antropología física es la medición y cuantificación de la

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

composición y formas del ser humano y para ello desarrolló una serie de técnicas biométricas en donde el uso de la antropometría, la clasificación en somatotipos, composición corporal, índice de masa corporal, y muchas otras son las que le han permitido su desarrollo y certeza científica con el propósito de procurar y mejorar la salud del hombre.

De acuerdo con los referentes a la composición corporal y a los somatotipos, los cuales se revisarán a continuación.

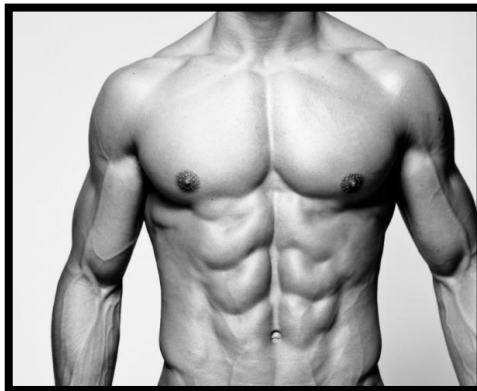


Figura 42. Tipos de Somatotipo

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

El tema del **somatotipo** se refiere al estudio de las diferentes formas que tiene el cuerpo del ser humano, (o como se señala en Apta Vital Sport 2023) *"El somatotipo hace referencia a la forma o apariencia corporal de una persona, en base a unos criterios entre los que se encuentran las medidas o la adiposidad del cuerpo de esa persona. De una forma más concreta, el somatotipo de una persona va a venir determinado por la cantidad de músculo, la cantidad de grasa y la linealidad de los diferentes partes del cuerpo."* (Pág. 1).

Esto como resultado de sus características heredadas y durante su proceso de desarrollo y que tienen que ver con cosas tales como la talla, el peso, las proporciones de brazos, piernas, tronco y cabeza, su complexión (delgado, fuerte u obeso) y para lo cual se pueden identificar desde la simple observación hasta el uso de una serie de métodos e instrumentos que permitan medir o evaluar cada uno de estos componentes, así como el uso de tablas o nomogramas que ayudarán a establecer

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

rangos de normalidad o de perfiles deseables tanto para una persona sana como para personas que practican ejercicio físico regularmente, deportistas y otro tipo de actividades que se manifiestan a través de ejecuciones físicas tales como la danza, el teatro u otras más. Entre sus representantes clásicos están Sheldon, Carter y Heat a partir de los años 40. De esto se obtuvo una clasificación de acuerdo a la composición corporal de la masa grasa, masa magra (músculo, hueso y otros tejidos) y de la forma que se adquiere en su distribución en el cuerpo, obteniendo entonces una clasificación en los siguientes tipos: ***Endomorfo, mesomorfo y Ectomorfo***, es decir, personas gruesas en donde predomina la masa grasa, personas medias o fuertes en donde predomina la masa muscular y personas delgadas en donde escasean tanto la masa grasa como la masa muscular. De acuerdo con lo anterior y siguiendo a Apota Vital Sport (2023), encontramos que la determinación del

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

somatotipo permitirá caracterizar o clasificar a diferentes grupos de personas, predecir su potencial atlético, utilizarlo para estudios de carácter de fisiología del ejercicio, para diseñar las dietas a estas mismas personas y utilizarlo para realizar evaluaciones de aptitud física entre otras cosas más y si a esto le agregamos los estudios de composición corporal que generalmente le acompañan, entonces se contará con información más precisa al respecto.

Así, hoy se cuenta con diversos métodos para poder obtener el somatotipo de las personas, entre ellos encontramos los siguientes:

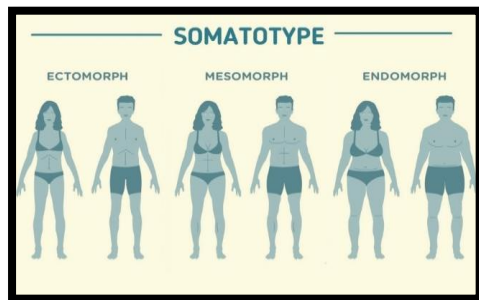


Figura 43. Clasificación de los somatotipos

Las fórmulas que componen el método de Heath-Carter son las siguientes:

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Endomorfia

$$-0,7182 + 0,1451X - 0,00068X^2 + 0,0000014X^3$$

X= (Pliegue tricipital + Pliegue subescapular + Pliegue supraespinal en mm.) * (170,18/Estatura en cm)

Mesomorfia

$$0,858U + 0,601F + 0,188B + 0,161P - 0,131H + 4,5$$

U= Diámetro biepicondilar del húmero en cm.

F= Diámetro bicondilar del fémur en cm.

B= Perímetro corregido del brazo en cm = Perímetro del brazo contraído – Pliegue tricipital en cm.

P= Perímetro corregido de la pierna en cm = Perímetro de la pierna (pantorrilla) – Pliegue de la pierna en cm.

H= Altura en cm.

Ectomorfia

Índice ponderal (IP) = Estatura en cm/ Peso^(1/3) en kg

Si IP es mayor o igual a 40,75 à (IP*0,732)-28,58

Si IP se encuentra entre 38,25 y 40,75 à (IP*0,463)-17,63

Si IP es menor o igual a 38,25 à 0,1

Lo anterior permite la utilización de una Carta (Somatocarta que se anexa a continuación) en la que, con el

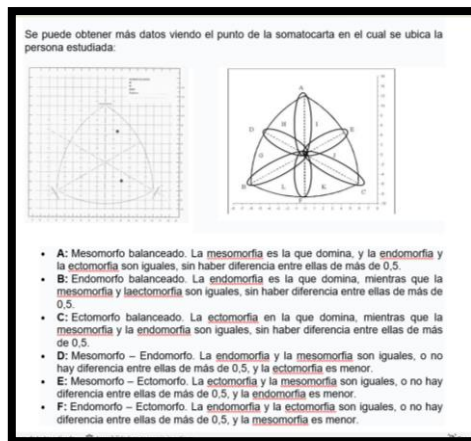
Fundamentos Biológicos de la Educación Física

uso de estas fórmulas se ubica a cada persona estudiada dentro de un espacio como se aprecia a continuación:

"Para emplear estos datos en la somatocarta, primero hay que realizar unas sencillas operaciones de manera que obtendremos 2 valores correspondientes a los ejes X e Y:

- **Eje X: Ectomorfia - Endomorfia**
- **Eje Y: (2 * Mesomofia - (Ectomorfia + Endomorfia))**

Identificando en esta somatocarta el punto resultante de los valores de los ejes X e Y, se obtiene de manera muy aproximada, el somatotipo correspondiente a la persona." (Págs. 6 y 7)



Cuadro 14. Somatocarta

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

A partir de los resultados obtenidos en esta somatocarta, es posible entonces definir con precisión el somatotipo de una persona y en términos generales su estado de salud y aptitud física, lo cual se complementará con las tablas de peso y estatura, su composición corporal y desde luego las pruebas físicas que permitan determinar con exactitud el nivel o estado de aptitud física de ésta.

Aquí se puede apreciar lo mencionado en la tabla. Siguiente:

Escala de cuantificación del endomorfismo y sus características.			
Indica la adiposidad relativa			
1 a 2,5	3 a 5	5,5 a 7	Más de 7,5
Baja adiposidad relativa.	Adiposidad relativa moderada.	Elevada adiposidad relativa.	Muy alta adiposidad relativa.
Poca cantidad de grasa subcutánea.	Grasa subcutánea que cubre los contornos musculares y óseos.	Grasa subcutánea en abundancia.	Grasa subcutánea muy abundante y grandes cantidades de grasa abdominal en el tronco.
Contornos musculares y óseos bastante visibles.	Apariencia general más blanda.	Tronco y extremidades de aspecto redondo.	Concentración de grasa en las extremidades junto al tronco.
		Mayor acumulación de grasa en la zona abdominal.	
Escala de cuantificación del mesomorfismo y sus características.			
Indica la robustez o la dominancia músculo esquelética relativa a la altura de la persona.			
1 a 2,5	3 a 5	5,5 a 7	Más de 7,5
Bajo desarrollo del músculo esquelético relativo.	Moderado desarrollo del músculo esquelético relativo.	Alto desarrollo músculo esquelético relativo.	Desarrollo músculo esquelético relativo muy alto.
Diámetros de los huesos estrechos.	Mayor volumen de los músculos.	Diámetros de los huesos grandes.	Músculos muy voluminosos.
Diámetros musculares estrechos. Las articulaciones de las extremidades son pequeñas.	Huesos y articulaciones de mayores dimensiones.	Músculos de gran volumen.	Los huesos y las articulaciones son muy grandes.
		Articulaciones grandes.	
Escala de cuantificación del ectomorfismo.			
Indica la linealidad relativa de las proporciones del cuerpo.			
1 a 2,5	3 a 5	5,5 a 7	Más de 7,5
Linealidad relativa baja.	Linealidad relativa moderada.	Linealidad relativa alta.	Linealidad relativa muy alta.
Mucho volumen por unidad de altura.	Menos volumen por unidad de altura.	Poco volumen por unidad de altura.	Aspecto muy estirado.
Aspecto redondeado.	Más estirado.		Apariencia de persona extremadamente delgada.
Extremidades relativamente voluminosas y anchas.			Volumen muy bajo por unidad de altura.

Cuadro 15. Escala de cuantificación del endomorfismo,

Fuente: Apota Vital Sport (2023)

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Con base en lo anterior, se puede no sólo definir las características del somatotipo de una persona, sino que también es posible hasta cierto grado el modificar éste de acuerdo a las características y necesidades individuales a través de la alimentación y el ejercicio, por lo cual se puede afirmar que el somatotipo si bien es un magnífico indicador del estado de salud y características físicas de una persona, NO es un factor determinante que no sea posible modificar.

Además de lo anterior, se cuenta con una tabla o nomograma de la relación peso-estatura desde los niños recién nacidos hasta los 18 años que es cuando generalmente es que se considera haber alcanzado la talla final, aunque en el caso del peso, este podrá variar todo el tiempo.

A continuación se presentan las tablas y nomogramas de diversas fuentes consultadas de donde se obtuvo esta

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

información y se presentan las siguientes consideraciones:

¿Qué es el peso ideal?

El peso ideal (PI) se define como el peso corporal que proporciona la mayor esperanza de vida a una persona.

¿Qué significa estar en el peso y talla ideal?

El peso ideal se refiere a aquel que favorece un estado de salud óptimo y una calidad de vida máxima durante el mayor número de años posible. El peso ideal de cada individuo está influenciado por su sexo, edad, constitución y otros factores, como el estado de salud en general.

¿Cuál es el peso ideal según la estatura?

El Índice de Masa Corporal (IMC) evalúa la proporción de grasa corporal en relación con la estatura y el peso de tanto hombres como mujeres.

¿Cómo calcular el índice de masa corporal?

En el sistema métrico, la fórmula para calcular el IMC consiste en dividir el peso en kilogramos por el cuadrado de la estatura en metros. Dado que comúnmente se mide la estatura en centímetros, es necesario dividir la estatura en centímetros entre 100 para obtener la estatura en metros.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Beneficios de estar en tu peso ideal

No solo brindan bienestar físico, sino también psicológico, ya que ayuda a superar desafíos y alcanzar metas que nunca se creyeron posibles.

Desde el punto de vista fisiológico y de la salud, se producen las siguientes mejoras en nuestro organismo:

- *Disminuye la presión arterial y, por tanto, el riesgo de infarto de miocardio en personas adultas.*

- *Prevención de patologías cardíacas.*
- *Disminución notable del colesterol y reducción de triglicéridos (grasas).*
- *Mejora significativa de la movilidad física.*
- *Disminución del riesgo de sobrepeso y diabetes (más del 80% de personas con diabetes padece sobrepeso).*

- *Prevención de desarrollar artritis (por cada kilo que aumenta las posibilidades se incrementan un 10%).*
- *Desaparición del síndrome de apnea obstructiva del sueño, es decir, los molestos ronquidos.*
- *Mejora de la calidad de vida" (Págs. 1 y 2).*

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

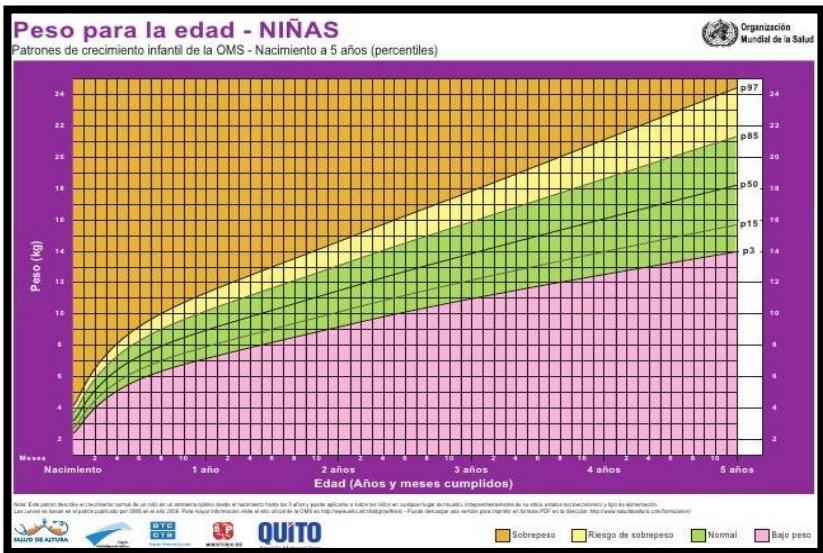
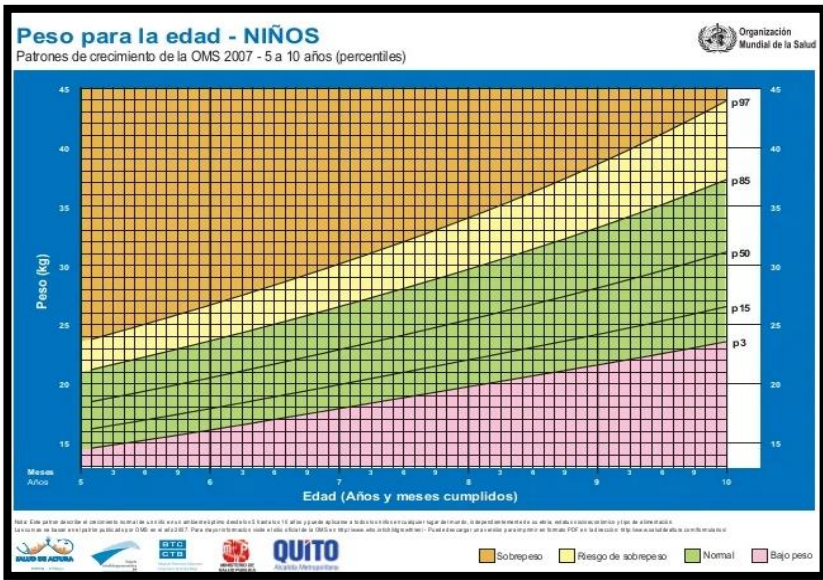


Tabla 1. Peso y estatura en niños y niñas. OMS

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

HOMBRES y MUJERES

PESO	ÍNDICE DE MASA CORPORAL									
	NORMAL		SOBREPESO		GRADOS DE OBESIDAD					
	18.5	24.9	25	29.9	I		II		II	
IMC	18.5	24.9	25	29.9	30	34.9	35	39.9	≥ 40	
Estatura	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Igual o mayor de:	
1.44	38.4	51.6	51.8	62.0	62.2	72.4	72.6	82.7	82.9	
1.46	39.4	53.0	53.3	63.7	63.9	74.4	74.6	85.1	85.3	
1.48	40.5	54.5	54.8	65.5	65.7	76.4	76.7	87.4	87.6	
1.50	41.6	56.0	56.3	67.3	67.5	78.5	78.8	89.8	90.0	
1.52	42.7	57.5	57.8	69.1	69.3	80.6	80.9	92.2	92.4	
1.54	43.9	59.1	59.3	70.9	71.1	82.8	83.0	94.6	94.9	
1.56	45.0	60.6	60.8	72.8	73.0	84.9	85.2	97.1	97.3	
1.58	46.2	62.2	62.4	74.6	74.9	87.1	87.4	99.6	99.9	
1.60	47.4	63.7	64.0	76.5	76.8	89.3	89.6	102.1	102.4	
1.62	48.6	65.3	65.6	78.5	78.7	91.6	91.9	104.7	105.0	
1.64	49.8	67.0	67.2	80.4	80.7	93.9	94.1	107.3	107.6	
1.66	51.0	68.6	68.9	82.4	82.7	96.2	96.4	109.9	110.2	
1.68	52.2	70.3	70.6	84.4	84.7	98.5	98.8	112.6	112.9	
1.70	53.5	72.0	72.3	86.4	86.7	100.9	101.2	115.3	115.6	
1.72	54.7	73.7	74.0	88.5	88.8	103.2	103.5	118.0	118.3	
1.74	56.0	75.4	75.7	90.5	90.8	105.7	106.0	120.8	121.1	
1.76	57.3	77.1	77.4	92.6	92.9	108.1	108.4	123.6	123.9	
1.78	58.6	78.9	79.2	94.7	95.1	110.6	110.9	126.4	126.7	
1.80	59.9	80.7	81.0	96.9	97.2	113.1	113.4	129.3	129.6	
1.82	61.3	82.5	82.8	99.0	99.4	115.6	115.9	132.2	132.5	
1.84	62.6	84.3	84.6	101.2	101.6	118.2	118.5	135.1	135.4	

Fuente: Organización Mundial de la Salud, 2007

Tabla de índice de masa corporal

PESO	ÍNDICE DE MASA CORPORAL									
	NORMAL		SOBREPESO		GRADOS DE OBESIDAD					
	18.5	24.9	25	29.9	I		II		II	
IMC	18.5	24.9	25	29.9	30	34.9	35	39.9	≥ 40	
Estatura	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Igual o mayor de:	
1.44	38.4	51.6	51.8	62.0	62.2	72.4	72.6	82.7	82.9	
1.46	39.4	53.0	53.3	63.7	63.9	74.4	74.6	85.1	85.3	
1.48	40.5	54.5	54.8	65.5	65.7	76.4	76.7	87.4	87.6	
1.50	41.6	56.0	56.3	67.3	67.5	78.5	78.8	89.8	90.0	
1.52	42.7	57.5	57.8	69.1	69.3	80.6	80.9	92.2	92.4	
1.54	43.9	59.1	59.3	70.9	71.1	82.8	83.0	94.6	94.9	
1.56	45.0	60.6	60.8	72.8	73.0	84.9	85.2	97.1	97.3	
1.58	46.2	62.2	62.4	74.6	74.9	87.1	87.4	99.6	99.9	
1.60	47.4	63.7	64.0	76.5	76.8	89.3	89.6	102.1	102.4	
1.62	48.6	65.3	65.6	78.5	78.7	91.6	91.9	104.7	105.0	
1.64	49.8	67.0	67.2	80.4	80.7	93.9	94.1	107.3	107.6	
1.66	51.0	68.6	68.9	82.4	82.7	96.2	96.4	109.9	110.2	
1.68	52.2	70.3	70.6	84.4	84.7	98.5	98.8	112.6	112.9	
1.70	53.5	72.0	72.3	86.4	86.7	100.9	101.2	115.3	115.6	
1.72	54.7	73.7	74.0	88.5	88.8	103.2	103.5	118.0	118.3	
1.74	56.0	75.4	75.7	90.5	90.8	105.7	106.0	120.8	121.1	
1.76	57.3	77.1	77.4	92.6	92.9	108.1	108.4	123.6	123.9	
1.78	58.6	78.9	79.2	94.7	95.1	110.6	110.9	126.4	126.7	
1.80	59.9	80.7	81.0	96.9	97.2	113.1	113.4	129.3	129.6	
1.82	61.3	82.5	82.8	99.0	99.4	115.6	115.9	132.2	132.5	
1.84	62.6	84.3	84.6	101.2	101.6	118.2	118.5	135.1	135.4	

Fuente: Organización Mundial de la Salud, 2007

Tabla de índice de masa corporal

Tabla de Índice de Masa Corporal de hombres y mujeres.(OMS)

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

TABLA PESO IDEAL MUJER				TABLA PESO IDEAL HOMBRE			
Altura	Complejión			Altura	Complejión		
	Pequeña	Mediana	Grande		Pequeña	Mediana	Grande
1,42	41,0-44,0	43,0-48,0	47,0-53,0	1,55	50,0-54,0	53,0-58,0	56,0-63,0
1,43	42,3-45,3	44,3-49,3	48,3-55,3	1,56	50,3-54,3	54,3-60,3	58,3-63,3
1,44	42,0-45,0	44,0-49,0	48,0-55,0	1,57	52,0-55,0	54,0-60,0	58,0-65,0
1,45	42,3-45,3	44,3-49,3	48,3-55,3	1,58	52,3-55,3	54,3-60,3	58,3-65,3
1,46	42,6-45,6	44,6-49,6	48,6-55,6	1,59	52,6-55,6	54,6-60,6	58,6-65,6
1,47	43,0-47,0	45,0-51,0	49,0-56,0	1,60	53,0-56,0	56,0-61,0	59,0-66,0
1,48	43,3-47,3	45,3-51,3	49,3-56,3	1,61	53,5-56,5	56,5-61,5	59,5-66,5
1,49	43,6-47,6	45,6-51,6	49,6-56,6	1,62	54,0-60,0	57,0-62,0	61,0-68,0
1,50	44,0-48,0	47,0-53,0	50,0-58,0	1,63	54,3-60,3	57,3-62,3	61,3-68,3
1,51	45,0-48,5	47,5-53,5	51,0-58,5	1,64	54,6-60,6	57,6-62,6	61,6-68,6
1,52	46,0-49,0	48,0-54,0	52,0-59,0	1,65	56,0-60,0	58,0-64,0	62,0-70,0
1,53	46,3-49,3	48,3-54,3	52,3-59,3	1,66	56,5-60,5	59,0-65,0	63,0-71,0
1,54	46,7-49,7	48,7-54,7	52,7-60,7	1,67	57,0-61,0	60,0-66,0	64,0-72,0
1,55	47,0-51,0	49,0-55,0	53,0-60,0	1,68	57,7-61,7	60,7-66,7	64,7-72,7
1,56	47,5-52,0	50,0-57,5	53,5-63,0	1,69	58,4-62,4	61,4-67,4	65,4-73,4
1,57	48,0-53,0	51,0-57,0	54,0-62,0	1,70	59,0-63,0	62,0-68,0	66,0-74,0
1,58	48,7-53,3	51,7-58,3	54,7-62,7	1,71	60,0-64,0	63,0-69,0	67,0-75,0
1,59	49,4-53,7	52,4-58,7	55,3-63,4	1,72	61,0-65,0	64,0-70,0	68,0-76,0
1,60	50,0-54,0	53,0-58,0	56,0-64,0	1,73	61,7-65,7	64,3-70,7	68,3-76,7
1,61	50,5-54,5	53,5-59,7	57,0-65,0	1,74	62,4-66,3	64,7-71,3	68,7-77,4
1,62	51,0-55,0	54,0-61,0	58,0-66,0	1,75	63,0-67,0	65,0-72,0	69,0-78,0
1,63	51,7-55,7	54,7-61,7	58,7-66,7	1,76	63,5-68,0	65,7-73,0	70,0-79,0
1,64	52,4-56,4	55,4-62,4	59,4-67,4	1,77	64,0-69,0	67,0-74,0	71,0-80,0
1,65	53,0-57,0	56,0-63,0	60,0-68,0	1,78	64,7-69,7	67,7-74,7	71,7-81,0
1,66	54,0-60,5	56,5-64,5	61,0-68,5	1,79	65,4-70,4	68,4-75,4	72,4-82,0
1,67	55,0-60,0	57,0-64,0	62,0-69,0	1,80	66,0-71,0	69,0-76,0	73,0-83,0
1,68	55,7-60,3	57,7-64,7	62,3-69,7	1,81	67,0-72,0	70,0-77,0	75,0-84,0
1,69	56,4-60,7	58,3-65,3	62,7-70,3	1,82	68,0-73,0	71,0-78,0	77,0-85,0
1,70	57,0-61,0	59,0-66,0	63,0-71,0	1,83	68,7-73,7	71,7-78,7	77,3-85,7
1,71	57,5-62,0	60,0-67,0	64,0-72,0	1,84	69,4-74,4	72,4-79,4	77,7-86,4
1,72	58,0-63,0	61,0-68,0	65,0-73,0	1,85	70,0-75,0	73,0-81,0	78,0-87,0
1,73	58,7-63,7	61,7-68,7	65,7-74,0	1,86	71,0-76,0	74,0-82,0	79,0-88,0
1,74	59,3-64,3	62,3-69,3	66,3-75,0	1,87	72,0-77,0	75,0-83,0	80,0-89,0
1,75	60,0-65,0	63,0-70,0	67,0-76,0	1,88	72,3-77,3	75,3-83,7	80,7-90,0
1,76	61,0-66,0	64,0-71,0	68,5-77,0	1,89	72,7-77,7	76,4-84,4	81,4-91,0
1,77	62,0-67,0	65,0-72,0	70,0-78,0	1,90	73,0-78,0	77,0-85,0	82,0-92,0

*Tablas de Peso recomendado extraídas de las recomendaciones de la OMS (Organización Mundial de la Salud).

*Tablas de Peso recomendado extraídas de las recomendaciones de la OMS (Organización Mundial de la Salud).

Tabla y texto recuperado de la página electrónica:
Aunado a lo anterior, también encontramos el tema de la **composición corporal**, la cual se entiende como la clasificación del peso corporal en diferentes componentes tales como grasa, músculo, hueso, agua, vísceras, y que

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

permite su cuantificación para determinar el grado de influencia durante la práctica del ejercicio, así como un indicador de salud y predictor del nivel de condición física de los alumnos. La composición corporal se usa para describir los porcentajes de grasa, hueso, agua y músculo en el cuerpo humano. Dos personas del mismo sexo y peso corporal pueden verse completamente diferentes entre sí porque tienen una composición corporal diferente.

La importancia o el valor de conocer este tema de la composición corporal es debido a que gracias a esto es posible la prescripción de una alimentación más sana y de programas de ejercicio que contribuyan a mejorar la distribución de los componentes de la composición corporal antes referidos, buscando niveles o porcentajes óptimos en cada uno de ellos, particularmente en los relacionados con masa grasa y muscular que son los que definitivamente se pueden modificar gracias a la

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

alimentación y el ejercicio. Por lo tanto, es muy recomendable que se tome esto en consideración para mejorar el estado de salud de las personas.

Para medir esta se utilizan diversos métodos, entre ellos encontramos el de la impedancia bioeléctrica que hoy en día es muy accesible en diferentes básculas que se emplean para este uso y que son ya bastante económicas y muy prácticas pues al momento arrojan los resultados de esas mediciones; otro instrumento para realizar estas mediciones es el uso de la plicometría o medición de los pliegues cutáneos que se hace a través de unas pinzas o plicómetros especialmente diseñados para este objeto y que permiten a través del uso de ciertas fórmulas determinar los porcentajes de masa grasa y masa grasa del sujeto estudiado, asimismo, se emplea también la densidad ósea para determinar el espesor y peso de los huesos, del mismo modo se emplea también el pesaje hidrostático que consiste en sumergir

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

a la persona en un tanque lleno de agua y a través de determinadas fórmulas obtener el porcentaje de masa grasa. Son estos los métodos más comunes para determinar la composición corporal.

Entre los factores que influyen en la composición corporal se encuentran la edad, el género, la genética y las hormonas, valores que se usan dentro de la ficha de medición de cada persona. Al respecto y de acuerdo con el *Consejo Americano de Ejercicio*, se han determinado unas tablas que establecen los porcentajes óptimos de grasa corporal para hombres y mujeres:

ACE NORMAS DE PORCENTAJE DE GRASA CORPORAL PARA HOMBRES Y MUJERES		
Descripción	Mujeres	Hombres
Grasa esencial	10% a 13%	2% a 5%
Atletas	14% a 20%	6% a 13%
Estado físico	21% a 24%	14% a 17%
Aceptable	25% a 31%	18% a 24%
Obesidad	Mayor a 32%	Mayor a 25%

+meditip

Cuadro 15. Porcentaje de grasa corporal en hombres y mujeres.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Conforme al American Journal of Clinical Nutrition, los rangos de masa grasa considerados como normales son:

Edad	Hombres	Mujeres
20-39 años	8.19 %	21-32 %
40-59 años	23-33%	11-21 %
60-79 años	24-35 %	13-24%

Tabla 2. Rangos de masa grasa por edades.

Como puede observarse tanto en la tabla como en los porcentajes establecidos por la revista americana de nutrición clínica, los rangos o porcentajes varían un poco, sin embargo son similares y estadísticamente válidos en ambos casos.

De acuerdo con lo anterior, es posible establecer los porcentajes de composición corporal deseables tanto para las personas sedentarias como para las personas físicamente activas o deportistas y cuyas necesidades y composición son diferentes, sin embargo, todos en

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

general requieren de una composición óptima en el sentido de garantizar un buen estado de salud general.

Uno de los problemas más importantes que resaltan la importancia de conocer esto es debido a que actualmente se ha incrementado bastante el número de personas con sobrepeso y obesidad, incrementando bastante los riesgos de salud y bienestar general de la población.

De acuerdo con Vilarrasa (2023), el índice de masa corporal (IMC) calcula una relación entre el peso y la altura, mientras que la obtención de la composición corporal permite identificar los porcentajes de lípidos, musculatura y agua que tiene cada cuerpo en particular. Ambas mediciones son complementarias y permiten una mejor determinación del estado de salud del sujeto.

Para el cálculo del Índice de Masa Grasa (IMG), se emplea la fórmula de: $IMG = \frac{\text{Peso (kg)}}{\text{altura}^2 \text{ (cms)}}$

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Capítulo IV

Bioquímica del ejercicio y Nutrición

Etimológicamente, la bioquímica se dice que estudia la composición química de los seres vivos y las reacciones que ocurren en ellos; es decir, la ciencia que estudia la vida. En el caso de la bioquímica del ejercicio, se puede decir entonces que es la ciencia que estudia la composición o modificaciones químicas que sufre el organismo a nivel celular, molecular y atómico al realizar o ejecutar los ejercicios, modificando con ello su composición y funcionamiento. Dicho en otras palabras, se encarga de investigar cómo funcionan los diferentes sistemas metabólicos y órganos, ante diferentes tipos de esfuerzo, y qué modificaciones se generan en los tejidos ante estímulos de cargas físicas.

Es otra rama de las ciencias biológicas que es de particular interés y necesidad de que conozca el educador físico dentro de su formación profesional ya que de ello

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

depende la eficiencia y buen desempeño de su labor, al tiempo que el cuidado y protección del alumno a su cargo así como la correcta dosificación de las cargas de trabajo y la forma óptima de recuperación luego del mismo; por lo que a continuación se mencionarán algunos puntos que permitan identificar el valor y necesidad de conocer esto.

Entendemos por bioquímica del ejercicio a la ciencia o parte de la bioquímica general que se especializa en el estudio del comportamiento metabólico de nuestro organismo durante la realización de cualquier tipo de actividad, ejercicio o deporte que implique el uso de la energía necesaria para su ejecución así como la forma de recuperación de esta energía una vez concluido el trabajo físico realizado.

Fundamentalmente, esta ciencia se encarga de estudiar los cambios o modificaciones que a nivel molecular sufren los componentes básicos de la vida, a saber

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno Fósforo (P) y Azufre (S) CHONPS que son constituyentes de todas las estructuras de los seres vivos incluidas las proteínas, carbohidratos y grasas y ácidos nucleicos que constituyen el ADN (ácido desoxirribonucleico) y el RNA (ácido ribonucleico); y cómo en consecuencia de ello, se da una enorme variedad de reacciones químicas que permiten el metabolismo y con ello la producción de energía, la construcción de masa muscular, la producción de una toda una serie de reacciones químicas que favorecen o permiten el funcionamiento de todos y cada uno de nuestros órganos y sistemas necesarios para la ejecución del movimiento en todas sus formas.

Por otra parte, una **reacción química (que es básicamente lo que estudia la bioquímica del ejercicio)** en el organismo humano ocurre cuando las moléculas de dos o más sustancias chocan entre sí, con una orientación espacial adecuada y con la energía mínima necesaria

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

(Energía de activación: E_a). Esto permite, la ruptura de los enlaces químicos existentes entre los átomos de las sustancias que reaccionan. Así, se forman nuevos enlaces químicos con el consecuente reordenamiento atómico. Ello, significa, un cambio de estructura y nuevas propiedades (nuevas sustancias: productos).

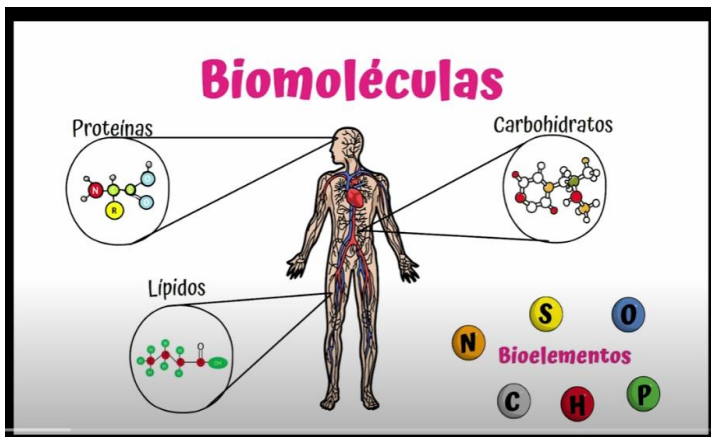


Figura 42. Principales elementos que estudia la bioquímica
En el interés de divulgación que tiene este documento y sin pretender plagiar sus contenidos, reproducimos a continuación una parte el texto de Hernández (2007) por considerarlo de sumo interés para lo que aquí se expone:

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

El papel regulador de las enzimas sobre los procesos bioquímicos ocurridos en el organismo humano es particularmente destacable. Ellas, permiten que los procesos bioquímicos ocurran con una energía de activación muy pequeña (por tanto, muy rápidas) y en regímenes de temperaturas suaves (la temperatura corporal).

Las reacciones químicas que ocurren en el organismo humano manifiestan además un principio destacable: mientras que algunas reacciones requieren del consumo de energía (endergónicas), otras liberan la energía que las primeras necesitan (exergónicas). Así, la energía se transfiere de unos sistemas (moléculas, reacciones, etc.) a otros, en un perfecto acoplamiento y armonía.

*De esta manera, se puede afirmar que el organismo humano cuenta con un **metabolismo**: grupo o conjunto de reacciones bioquímicas que ocurren de forma acoplada y coordinada en el interior de las células (metabolismo intermediario), las que están reguladas por enzimas y hormonas, y a partir de las cuales se degradan y sintetizan sustancias de modo escalonado, valiéndose de muchos intermediarios.*

El metabolismo intermediario, resulta ser el destino de los componentes dietéticos después de ser estos degradados: digeridos y absorbidos a nivel del intestino delgado principalmente. Así, todos los productos de la digestión son conducidos hacia las células de los diferentes tejidos, donde son procesados en una ruta metabólica específica. En presencia de suficiente O_2 , todos ellos llegan hasta un producto común:

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

el Acetil-CoA, quien posteriormente se oxida por completo en las mitocondrias en el llamado ciclo de Krebs (o de los ácidos tricarbóxicos) hasta los productos finales del metabolismo: ATP, CO_2 y H_2O .

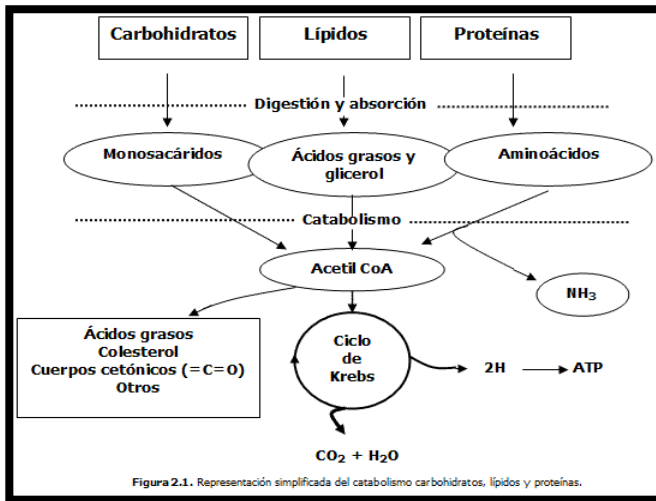
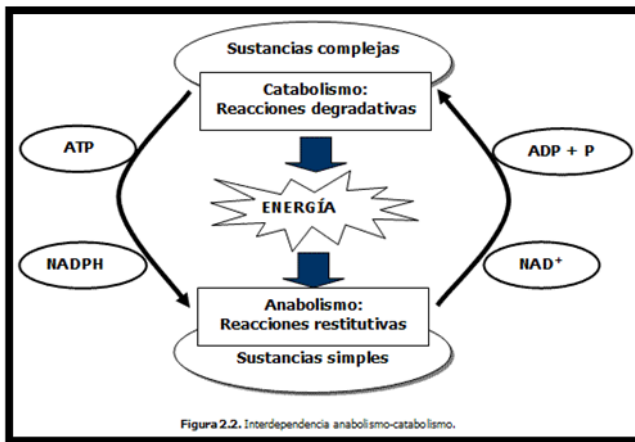


Figura 2.1. metabolismo intermediario

Así, un grupo numeroso de reacciones metabólicas hacen posible -con la ayuda de enzimas-, la oxidación y degradación de cientos de nutrientes y de sustancias complejas; tales como los carbohidratos, los lípidos y proteínas, en otras más simples: Acetil CoA ($CH_3-CO \sim SCoA$), ácido acético ($CH_3 - COOH$), ácido láctico ($CH_3 -CH (OH)- COOH$), CO_2 , H_2O , NH_3 , etc. Lo que se conoce como **catabolismo**.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Simultáneamente, otro grupo de reacciones permite biosintetizar nuevas biomoléculas que le son necesarias al organismo para la restitución de estructuras moleculares y tejidos, lo que se traduce en el mantenimiento de las diferentes funciones biológicas, el crecimiento y desarrollo del organismo. Lo que, se define como **anabolismo**.



Como se aprecia en la figura 2.2, el catabolismo es la fase des-asimilativa y el anabolismo es la asimilativa. Ambas fases, son contrarias y sin embargo interdependientes. En las reacciones anabólicas se absorbe y se aprovecha la energía que es liberada (transferida) por las catabólicas.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

El catabolismo a su vez puede subdividirse en tres fases:

En la fase I: las grandes moléculas nutritivas (proteínas, carbohidratos y lípidos) se degradan en sillares de construcción más sencillos.

En la fase II: Se transforman los productos obtenidos en la fase anterior en lo que se ha dado en llamar intermediarios (más sencillos), como el piruvato y el acetilCoA.

En la fase III: Los productos de la fase II resultan ser oxidados a sustancias aún más sencillas y finales (CO_2 , H_2O y NH_3).

Resumiendo lo señalado hasta aquí, podemos decir que el metabolismo tiene cuatro funciones fundamentales:

- 1. La transformación de la energía química, almacenada en las moléculas combustibles (carbohidratos, lípidos y proteínas); transfiriéndola y utilizándola de diferentes formas y con distintos fines.*
- 2. La conversión de los nutrientes, en sillares de construcción (moléculas sencillas), los que son precursores de las macromoléculas celulares (más complejas).*

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

3. Ensamblaje de los distintos componentes químicos para la formación de proteínas.
4. Formación y transformación de las distintas biomoléculas, de acuerdo a las funciones especializadas que son requeridas por las células.

Estas cuatro funciones, son de máximo interés en el ámbito de la actividad física deportiva. Especialmente la primera, pues ella implica la posibilidad de obtener, transferir y aprovechar la energía por el organismo de los atletas en el desarrollo de las actividades motrices y la ejecutoria deportiva.

La intensidad de las reacciones catabólicas y anabólicas, y el predominio de unas sobre otras, es dependiente de la edad y del tipo de actividad que sistemáticamente realiza el individuo. Así por ejemplo, se ha comprobado que en una persona joven (en franco crecimiento y desarrollo) es notable el predominio de los procesos anabólicos sobre los catabólicos. De tal manera, la velocidad de la síntesis supera la velocidad de degradación.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Esto explica, por qué en los niños y jóvenes se aprecia un aumento notable en la longitud de ciertos tejidos (óseo por ejemplo) y en el volumen de otros (muscular por ejemplo). Mientras que en la adultez, se manifiesta un cierto equilibrio entre el catabolismo y el anabolismo hasta llegar a la vejez; etapa esta, en la que los procesos degradativos superan en tendencia y velocidad a los de síntesis" (Págs. 1-6).

Buscando integrar esto con el campo de la Educación Física y el deporte, se presenta a continuación lo que expresa Merlo (2015) respecto de los sistemas energéticos y la comparación que hace de estos a través de algunas imágenes que pretenden explicar didácticamente el tema:

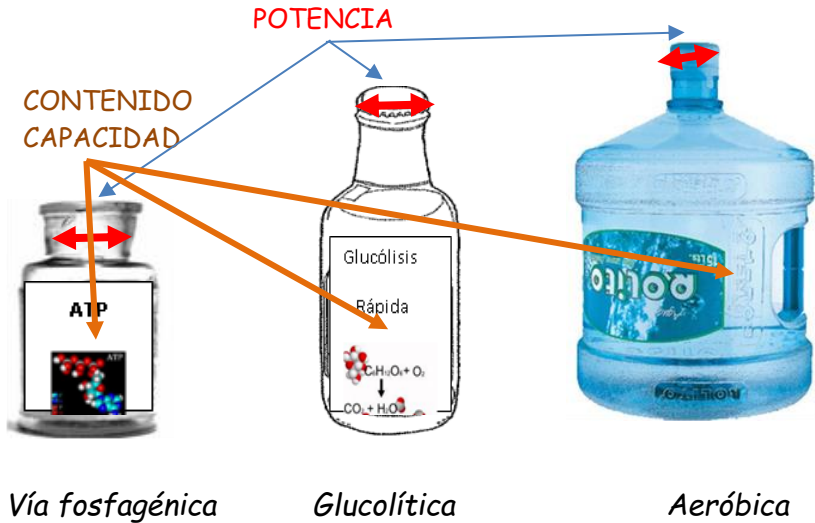
"Vías energéticas"

Existen en nuestro organismo **3 formas** principales de **producir energía**, con la cual vivimos y podemos competir. El cuerpo humano puede compararse de esta manera con una máquina que cuenta con **3 tanques de combustible**, los cuales se caracterizaban de la siguiente manera:

El primer frasquito puede graficar el sistema energético **fosfagénico**, su contenido (**capacidad**) es poco (**0,6 moles**), su **potencia** de entrega es muy grande (**4,4 moles/min.**) y su **predominancia** se da desde el segundo 0.001 al 6.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Pudiendo entregar energía de manera continua hasta el segundo 15, pues cuenta con una boca para entregar su contenido en muy poco tiempo.



Esta botella (la de enmedio), representa el sistema energético glucolítico, su contenido (capacidad) es medio (6,7

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

moles), su potencia de entrega es grande (2,3 moles/min.) y su predominancia se da dentro del segundo 6 y el primer minuto de ejercicio cuenta con una boca para entregar su contenido dentro del primer minuto si el ejercicio es muy intenso 85-95%.

La boca no es tan ancha como el ancho de la botella (en comparación con el primer frasquito en donde la boca es más ancha), por esta razón NO se vaciará tan rápidamente como en la vía energética anterior.

*En el tercer caso de la vía energética aeróbica (el bidón grande del lado derecho), este garrafón representa el sistema energético glucolítico aeróbico, su contenido (**capacidad**) es muy alto, su **potencia** de entrega es pequeña (1 mol/min. Glucosa y 0,4 mol/min. ácidos grasos libres) y su predominancia comienza a partir del primer minuto de trabajo físico, pues cuenta con una boca para entregar su contenido en largo tiempo (horas). La boca del garrafón es muy pequeña, por esta razón se vaciará lentamente y suministrará energía durante un mayor tiempo.*

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

*Por lo tanto, estos tanques de combustibles tienen una capacidad (Cantidad de combustible que pueden almacenar), una potencia (cuánto combustible puede entregar por unidad de tiempo) y una predominancia distinta entre sí, que se **deben trabajar** de diferente manera para que se adapten.*

En virtud de lo anterior y desde el punto de vista biológico y de la forma de estimular desde la educación física este suministro energético, se consideran como tareas a desarrollar para alcanzar las adaptaciones metabólicas que se plantean desde el punto de vista de la bioquímica del ejercicio las siguientes:

- 1) **Ampliar** la **capacidad** de almacenamiento de estos tanques,*
- 2) **Aumentar** la **potencia** de entrega de energía de estos*
- 3) **Mejorar** la **velocidad** a la que se vuelven a llenar los tanques (**resíntesis**)" (Págs. 21-27)*

Por otra parte, el Instituto de Ciencias de la Salud y la Actividad Física en 2017, describió las etapas históricas de evolución de la Bioquímica del Ejercicio, en la

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

segunda mitad del Siglo XX, y en el inicio del Siglo XXI y que en interés de este trabajo reproducimos textualmente, dada la relación e importancia que tiene con respecto de la educación física y el deporte:

"Lo más importante es relacionar los efectos biológicos con las variables que son el sustento metodológico de las cargas de entrenamiento, como el volumen o duración del estímulo, la intensidad de este, frecuencia y densidad de cargas, influenciado por factores ambientales, geográficos, psicológicos, emocionales, sociológicos, culturales, sobre sujetos que tienen un funcionamiento biológico único y exclusivo.

- *1950: cambios de sustratos en la concentración plasmática e intercambio pulmonar gaseoso.*
- *1960: concentraciones de sustratos en muestras de biopsias de tejidos (la biopsia), aplicada en investigaciones relacionadas con el esfuerzo físico y deportivo. En el análisis histórico, se considera que estos aportes dieron un nuevo enfoque: "Antes y Después de la Biopsia".*

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

- *1970: asociación de los estudios realizados con biopsias y con técnicas que usaron diferencias artero-venosas de sustratos.*
- *1975-1980: implementar técnicas de estudios con trazadores isotópicos, con sustratos marcados radioactivamente. Los métodos consisten en inyectar sustratos similares a los que posee el cuerpo humano (por ej., glucosa, lactato, piruvato, aminoácidos, ácidos grasos, etc.), los que llevan adheridos, un marcador radioactivo (isótopos de los átomos que componen las moléculas que tengan actividad radioactiva): estas técnicas han permitido describir la secuencia metabólica de los sustratos principales e intermediarios, y cuantificar las tasas de degradación, reconstrucción, absorción y transporte de esos sustratos, a través de dispositivos tecnológicos, no invasivos, o con poco nivel de injuria física, tal como genera la biopsia muscular.*
- *1990: La Biología Molecular, campo de la evidencia que estudia cómo la combinación de cargas de ejercicio y*

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

la alimentación, integrados, pueden impactar en los genes, y a través de señales mediadas por ARN mensajero, generar la transcripción y síntesis de moléculas, dentro de las células y en las membranas; básicamente, proteínas (quinasas) que serían responsables de efectos metabólicos fisiológicos y bioquímicos, vitales para la adaptación biológica". (Pág. 1)

Como se puede apreciar, este tema está íntimamente relacionado con el de nutrición, ya que como se ha visto, el sustrato científico de esta se encuentra en las bases y mecanismos bioquímicos que se han mencionado y que de alguna forma se retoman para investigar el modo en que el factor alimenticio contribuye por un lado y en primer lugar a la supervivencia del ser humano y, por el otro, a la forma en como durante la práctica del ejercicio se incrementan los requerimientos nutricionales tanto para la ejecución del movimiento como para los procesos de recuperación y de crecimiento y desarrollo muscular y de muchos otros de los sistemas de nuestro

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

organismo ya sea a través de la producción de energía, de hormonas, enzimas, nuevas células musculares, y la reconstrucción de tejidos que cotidianamente se está realizando y más aún durante la práctica del ejercicio.

En este sentido, se entiende el concepto de Nutrición como *la vía a través de la cual se provee al organismo todos aquellos alimentos y sus nutrientes para el mantenimiento y mejoría de todos los órganos y su eficiente funcionamiento*, así como para la capacidad de realizar los ejercicios que le demandan un determinado gasto de energía y la reconstrucción de los tejidos que se destruyen durante la práctica de este.

Otro de los conceptos encontrados sobre la nutrición la define como el proceso biológico que ocurre en un ser vivo cuando su organismo absorbe, de los alimentos y líquidos, los nutrientes* que necesita para su crecimiento y el desarrollo de las funciones vitales.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

*Los nutrientes son las sustancias que están presentes en los alimentos.

Hernández (2007), por su parte, destaca la importancia de

“perfeccionar y contextualizar aún más la enseñanza de las ciencias biológicas en el contexto de la educación física y el deporte; particularmente lo relativo a la bioenergética que es una derivación de la bioquímica del ejercicio, agregando en su resumen inicial que el metabolismo humano, está centrado en la transformación y producción de energía, lo cual es de vital interés en el ámbito de la Educación física y el deporte.

Las transformaciones energéticas que ocurren en el organismo humano se sustentan en ciertos fundamentos químicos y físicos, de manera muy especial, en los principios y leyes de la Termodinámica, los que no siempre son comprendidos suficientemente por los estudiantes. Señalando que la bioquímica del ejercicio está muy interesada en proteger y mejorar la salud de los individuos, así como en lograr mejores resultados, rendimiento y eficiencia de los practicantes y

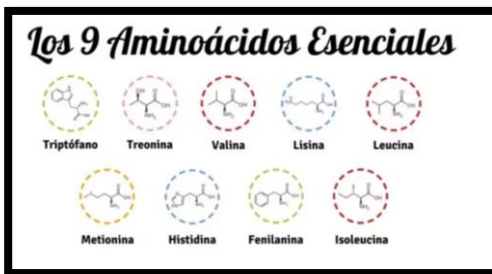
Fundamentos Biológicos de la Educación Física

deportistas en general y que es imprescindible en el ámbito de la actividad física y el deporte, teniendo en cuenta que uno de los aspectos decisivos en la salud y el desempeño físico sistemático de los practicantes y atletas, radica en lograr alcanzar un eficiente aprovechamiento de los distintos sustratos energéticos que aparecen asociados a la biomasa; lo que implica convertir de forma eficaz la energía química almacenada en estos, en una energía aprovechable que se traducirá en la realización de trabajo biológico (mecánico o contráctil, por ejemplo) (Pág. 2).

Por otra parte, desde el punto de vista de la nutrición, se considera que existen varios aspectos a considerar; por un lado, existen los nutrientes básicos conocidos como proteínas, grasas y carbohidratos, además de los micronutrientes como son las vitaminas, minerales, y el agua. A partir de lo anterior, se sabe que las proteínas son el elemento constituido por una cadena de aminoácidos (20) de los cuales a 9 se les denomina esenciales debido a que no se producen por el organismo sino que deben ser suministrados por los alimentos y los 11 restantes sí se producen internamente y que en

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

su conjunto forman los ladrillos de construcción de muchos tejidos y particularmente los músculos como el tejido fundamental que permite la realización del movimiento y que en este sentido representa la base fundamental de la educación física: en cuanto a las grasas, estas se degradan durante el proceso digestivo en ácidos grasos, los cuales son la principal fuente energética y para muchas otras funciones, finalmente, se encuentran los carbohidratos o azúcares que son la fuente principal para la producción de energía para todo el trabajo físico y mecánico.



La combinación de estos 20 aminoácidos constituye los ladrillos de construcción de todas las proteínas que servirán para la formación de una gran diversidad de tejidos.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Figura 43. Aminoácidos esenciales y no-esenciales.

En este sentido se maneja el concepto de gasto calórico o energético, el cual establece la relación que existe entre la cantidad de energía que el organismo necesita y aquella que consumimos y a partir de la cual se elabora la siguiente pirámide en el sentido de los alimentos requeridos diariamente:



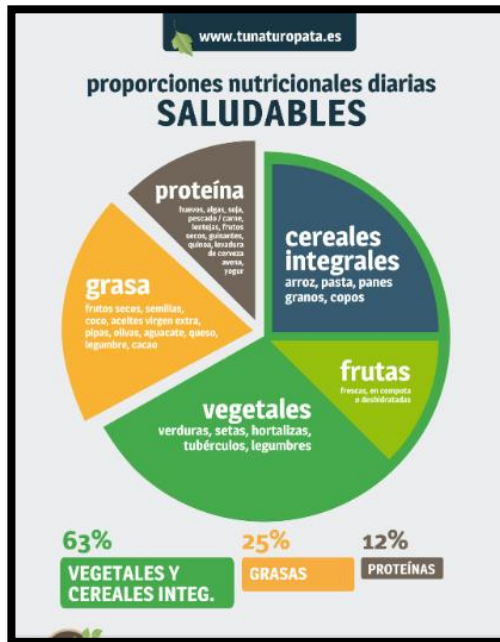
Cuadro 16. Pirámide nutricional

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

En la siguiente tabla se pueden apreciar los porcentajes de cada uno de los nutrientes principales antes descritos.

Como es posible apreciar, estos son los porcentajes diarios recomendables para una vida saludables en personas sanas, en donde el 63% son carbohidratos, el 25% grasas y el 12% proteínas; esto puede variar un poco en el caso de personas que realizan ejercicio con regularidad y un poco más en el caso de los deportistas, por lo cual se debe tomar como una recomendación genérica y en otros casos como los mencionados, el especialista en nutrición.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física



Cuadro 17. Proporciones de nutrientes

En este último caso y tomando en consideración un mayor gasto energético así como un mayor requerimiento plástico para la reconstrucción e hipertrofia muscular, usualmente se reducen en un cierto porcentaje el valor de las grasas y ese mismo porcentaje se incrementa en proteínas; por lo que se hace el cálculo de 1.5 grs. de

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

proteína por kg de peso corporal, así entonces, una persona de 70 kgs de peso requerirá 105 grs de proteína diariamente y para calcular el gasto calórico diario lo forma más fácil el día de hoy es recurrir a este tipo de páginas como la del IMSS (<https://www.imss.gob.mx/salud-en-linea/apps-sano/calculadora-calorias#tmb>) que lo hacen automáticamente y donde incluso dan recomendaciones de menús y guías de alimentos.

Calculador de Calorías

Tipos para vacaciones

Calcula tu IMC

Plato del bien comer

#YoSiMeCuido

Calculador de calorías

Riesgo Cardiovascular - Colesterol

Ingres tus datos para obtener un estimado de las calorías que tu cuerpo necesita para mantener un peso ideal:

Edad 30 años

Altura 180 cm

Sexo Femenino

Peso 70 kg

Nivel de Actividad:

Poco o ningún ejercicio

Ejercicio ligero (1-3 días a la semana)

Ejercicio moderado (3-5 días a la semana)

Ejercicio fuerte (6-7 días a la semana)

Ejercicio muy fuerte (dos veces al día, entrenamientos muy duros) 1 hora de natación

Ejemplo

Sentado

Jardinaria

Tratar

Correr

Calcula las calorías que necesitas

Cuadro 18. Calculador electrónico de calorías

O bien, a través de las siguientes fórmulas, de acuerdo a la página electrónica de Fit people que aparece en nuestras referencias consultadas:

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

"Para calcular el gasto calórico diario existen algunas fórmulas, siendo la más 'famosa' la de Harris-Benedict:

- Para mujeres: $655 + (9.6 \times \text{peso en kilos}) + (1.8 \times \text{altura en centímetros}) - (4.7 \times \text{edad en años})$
- Para hombres: $66 + (13.7 \times \text{peso en kilos}) + (5 \times \text{altura en centímetros}) - (6.5 \times \text{edad en años})$

Tomemos como ejemplo:

- una mujer de 30 años, que pesa 60 kilos y mide 1.70 metros. En ese caso, la fórmula sería: $655 + (9.6 \times 60) + (1.8 \times 170) - (4.7 \times 30)$. El resultado: 1396 calorías.
- Para un hombre de 45 años de edad, con 95 kilos de peso y 1.90 metros de altura sería: $66 + (13.7 \times 95) + (5 \times 190) - (6.5 \times 45)$. El resultado: 2025 calorías.

A partir de esta información, podemos calcular el gasto calórico diario total de la persona, dependiendo de la actividad física que realice.

Si no realiza ningún ejercicio se multiplica el resultado x 1.2, si hace **ejercicio ligero** (entre una y tres veces por semana) x 1.375, si su nivel de entrenamiento es moderado (entre tres y cinco veces a la semana) x 1.55, para atletas que

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

ejercitan fuerte (de seis a siete días semanales) x 1.725 y para deportistas de elite x 1.9.

- *Siguiendo los ejemplos anteriores, supongamos que la mujer va al gimnasio tres veces por semana. En ese caso la cuenta es 1396×1.375 . El resultado es: 1919.5.*
- *Si el hombre del ejemplo hace ejercicio de lunes a viernes, la fórmula se completa de la siguiente manera: 2025×1.55 . El resultado es 3138.75" (Págs, 1-5)".*

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Capítulo V.

Crecimiento, Desarrollo, Maduración, madurez, Aprendizaje y desarrollo Motor

No podía faltar dentro de este libro el tema del crecimiento y desarrollo del ser humano; y, particularmente el tema del aprendizaje y desarrollo motor, por ser estos los aspectos principales sobre los cuales se apoya el docente de educación física para el desempeño de su función principal consistente en *ejercer influencia en el curso del desarrollo físico de sus alumnos.* Por tal motivo se abordan a continuación estos puntos desde el manejo conceptual de los mismos y su aplicación al campo de la Educación Física.

Se entiende por crecimiento el aumento cuantitativo de los órganos, aparatos y sistemas del ser humano y que es producto, por una parte, de los factores hereditarios que genéticamente le

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

transmiten los padres, y por la otra, como resultado de los estímulos del medio ambiente, particularmente estos cambios se aprecian en términos de peso, estatura, proporciones corporales, dentición, etc.

De esta forma, Ferri (1996), lo conceptualiza de la forma siguiente: "El crecimiento es el resultado de la división celular y de la síntesis de proteínas. Se refleja por el aumento del tamaño y peso del conjunto o de cualquiera de sus partes". (Pág. 2). A partir de lo cual, se conocen o establecen diferentes etapas de acuerdo a periodos de tiempo y determinados cambios que se presentan.

Figura 44.
Etapas del
crecimiento
humano



Fundamentos Biológicos de la Educación Física

*Además, Ferri(1996), señala que dentro de este periodo el organismo interactúa con su entorno y que a esa interacción se le denomina periodos críticos o sensibles, coincidiendo con lo que establecía el programa matriz de integración dinámica (1994), en el que se señalaba que estas fases "son los periodos donde el organismo es susceptible de responder a la estimulación matriz, alcanzando niveles óptimos de desarrollo". (Pág. 24). Y agrega además que existen por lo tanto diferentes tipos de crecimiento que son producto o resultados de factores tanto internos como externos, encontrando así que existe un crecimiento **retardado**, refiriéndose a que no corresponde la edad cronológica con la edad biológica del niño, **normal**, es decir en correspondencia entre la edad biológica y cronológica del niño y **acelerado**, lo cual implica que va adelante con relación a la edad cronológica del niño; y que de acuerdo con ello, se presentarán los tiempos o periodos que se pueden*

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

identificar como oportunos para estimular el desarrollo de cada una de las capacidades físicas de nuestros alumnos. Así, encontramos los siguientes cuadros que son producto de las investigaciones de Martin (1982), Meinel (1988), Spengler (1984), Hirtz, (1979), Hahn (1988), Grosser, Starischka, Zimmerman (1988) y otros autores más y que son un referente fundamental para el conocimiento de estos procesos y los tiempos más adecuados para el desarrollo de esas capacidades físicas.

FASES SENSIBLES DE LAS CAPACIDADES COORDINATIVAS								
CAPACIDADES COORDINATIVAS	4 - 6	6 - 8	8 - 10	10 - 12	12 - 14	14 - 16	16 - 18	18 +
FORMAS BÁSICAS DE MOVIMIENTO	***	***	***	—	—	—	—	→
ORIENTACIÓN	**	**	**	***	—	—	—	→
RITMO	**	**	***	—	—	—	—	→
EQUILIBRIO	**	***	***	—	—	—	—	→
DIFERENCIACIÓN	*	*	**	***	***	—	—	→
ADAPTACIÓN	*	*	*	**	***	***	—	→
SINCRONIZACIÓN	*	*	**	**	***	***	—	→
REACCIÓN	**	**	***	***	—	—	—	→

* BAJA INTENSIDAD, ASPECTOS ELEMENTALES
 ** AUMENTO PROGRESIVO DE LA CARGA APROVECHANDO INICIO DE FASES SENSIBLES.
 *** ENFASIS EN EL TRABAJO APROVECHANDO FASE SENSIBLE.
 → SE CONTINUA TRABAJANDO PARA INCREMENTO O CONSERVACIÓN.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Modelo de las fases sensibles(Martin, 1982), basado en entrenamiento infantil, E. Hans Stampa Sportiva, pág. 51, 1982.

Edad		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Función psicomotora Capacidad coordinativa	Capacidad de aprendizaje motor										
	Capacidad de diferenciación y control										
	Capacidad de reacción a estímulos ópticos y acústicos										
	Capacidad de orientación en el espacio										
	Capacidad de ritmo										
	Capacidad de equilibrio										
	Resistencia										
Capacidad física	Fuerza										
	Rapidez										
	Cualidad afecto-cognoscitiva										
Capacidad psíquica	Ganas de aprender										

FASES SENSIBLES PARA EL DESARROLLO DE LAS DIFERENTES CAPACIDADES FÍSICAS BÁSICAS

EDAD	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RESISTENCIA										
FUERZA										
VELOCIDAD										
FLEXIBILIDAD										

Tablas 3, 4 y 5. Fases Sensibles de las capacidades condicionales y coordinativas.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

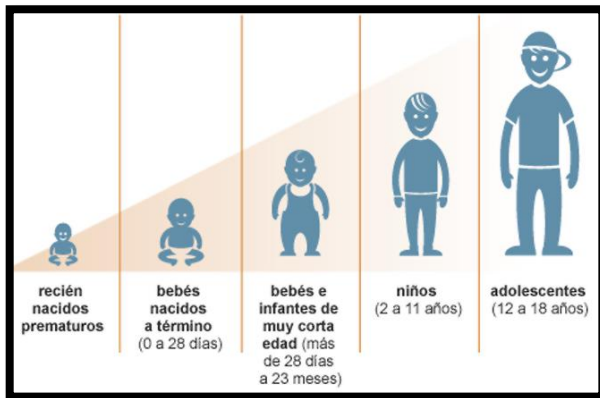
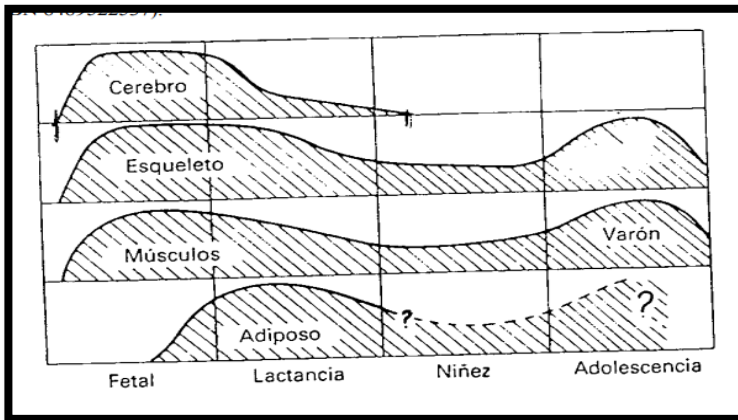
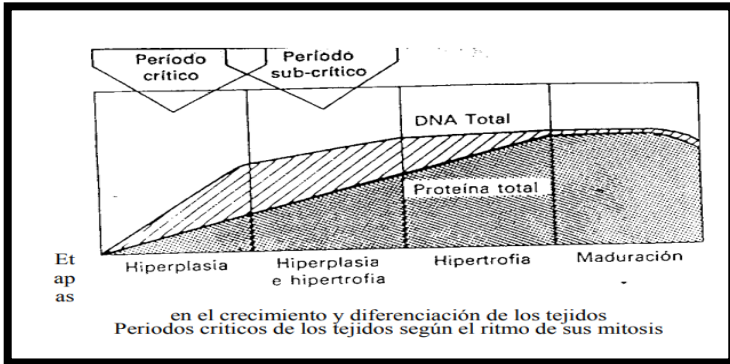


Figura 45. Otra imagen de las etapas de crecimiento Agrega Ferri (1996), que estos periodos críticos y fases sensibles, corresponden fenómenos de hipertrofia e hiperplasia que permiten alcanzar el grado preciso de aumento de capacidad y adaptabilidad necesarios para interactuar con el estímulo (en nuestro caso ese estímulo está representado por el ejercicio que se realiza durante las clases de educación física), los cuales pueden desencadenar un nuevo comportamiento y desde luego los procesos mismos de crecimiento y

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

desarrollo como se muestra en las siguientes imágenes:



Cuadros 19 y 20 donde se muestran los procesos de hipertrofia e hiperplasia en el crecimiento de los niños.


Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Además de lo anterior, Ferri (1996), señala unas características muy importantes respecto a estos proceso de crecimiento y desarrollo: primero, que estos son continuos, ordenados y progresivos, de carácter universal y básico pues se presenta en la generalidad de los casos y que siguen unas tendencias predeterminadas en su dirección, orden y ritmo, lo cual las hace confiables para su uso.

<i>FACTORES ENDOGENOS</i>		<i>FACTORES EXOGENOS</i>
*Genéticos. *Neurohormonales *Específicos. *Metabólicos.	CRECIMIENTO Y DESARROLLO	*Nutrientes. *Ambientes

Cuadro 21. Factores de crecimiento y desarrollo

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Novedades Biológicas, Emma Ferris, M.T. Alicante, Cádiz Universidad	
<p>TENDENCIA DIRECCIONAL</p> 	<p>El crecimiento y desarrollo ocurren en direcciones regulares y enlazadas o relacionadas, que reflejan el crecimiento físico y la maduración de las funciones neuromusculares. Estas tendencias son:</p> <p>CEFALOCAUDAL, PROXIMODISTAL Y MASIVO (globales)- ESPECIFICA (concretas).</p>
<p>TENDENCIA DE ORDEN</p>	<p>Durante todo el proceso de crecimiento y desarrollo hay una secuencia de incremento, respondiendo dicho fenómeno a las siguientes consideraciones:</p> <p>1.- Es un proceso definido y previsible.</p> <p>2.- Es un proceso ordenado y continuo.</p> <p>Cada niño pasa por cada etapa normalmente, desde la concepción a la madurez. Suelen existir parones en el desarrollo de una capacidad en particular para dar paso al desarrollo de otra.</p>
<p>RITMO</p>	<p>El progreso del desarrollo posee un orden fijo y preciso, pero no progresa al mismo ritmo o velocidad durante toda la infancia. Además, cada niño posee un ritmo propio en su crecimiento, debido a factores como herencia, raza, economía, nutrición, enfermedades físicas y trastornos psicológicos.</p>

Cuadro 22. Tendencias del proceso de crecimiento y desarrollo de acuerdo con Ferris (1996)

El anterior proceso de crecimiento va acompañado de lo que se conoce como el proceso de **maduración** respectivo, el cual se define como la serie de cambios y transformaciones que se van dando a lo largo del tiempo y que permiten identificar las etapas antes definidas en cuanto a la

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

clasificación hecha en las etapas o periodo prenatal, de lactancia del neonato, primera, segunda y tercera infancia, pubertad, adolescencia y juventud y que una vez alcanzadas, se le denominan como puntos culminantes de las etapas, significando que ya se encuentra en estado de **madurez** para la etapa correspondiente; es decir, que ha alcanzado todas las características y funciones de dichas etapas. Lo anterior supone que es un proceso constante pero al mismo tiempo, que durante el mismo se van cumpliendo ciertas características que permiten su identificación.

Por otra parte, **el desarrollo** hace alusión al aumento progresivo en la habilidad y capacidad de funcionamiento de los órganos, aparatos y sistemas del organismo humano que indica un cambio cualitativo en el ejercicio de la función de estos. Por su parte, el concepto de maduración implica

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

cuestiones del desarrollo de rasgos transmitidos genéticamente, lo cual permite un aumento en la capacidad de funcionamiento y por lo tanto es correlativo al desarrollo.

En ese sentido, el desarrollo consiste en un crecimiento pautado y progresivo referido al aumento en la función, la calidad de esta y que supone un conjunto de cambios específicos para cada etapa.

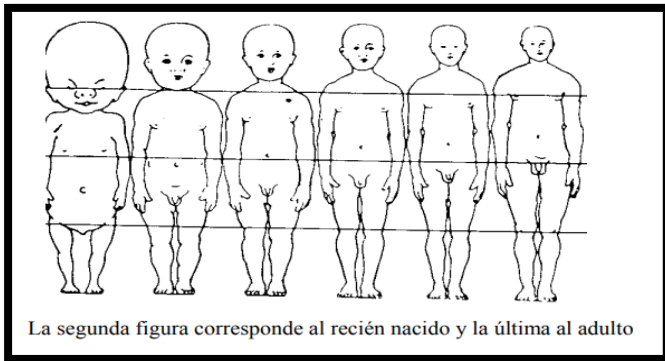


Figura 46 que muestra imágenes del proceso de crecimiento y desarrollo del individuo en donde se aprecian los cambios en las proporciones del cuerpo.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Dentro de estos procesos de crecimiento y desarrollo es importante entre otros muchos, destacar lo referente al *desarrollo de la imagen corporal*; es decir, un cuadro mental que va elaborando el niño acerca de lo que es su cuerpo, acompañado de una actitud hacia éste y sus partes, lo cual se basa precisamente en el conocimiento de su propio cuerpo de acuerdo a la forma en como lo percibe y se percibe a sí mismo en cuanto a su configuración biológica y su funcionamiento fisiológico y su desarrollo, junto con el reforzamiento social que recibe de los demás. Esto va acompañado del denominado autoconcepto de sí mismo y es muy importante que el docente de educación física lo conozca puesto que a través de las actividades que promueve, favorecerá o no este proceso que es de suma importancia para el desarrollo personal y social del niño.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Sobre este tema en particular, la OCDE (2009) menciona lo siguiente:

"La comprensión del desarrollo desde una perspectiva científica podría impactar profundamente la práctica educacional. En la medida que los científicos descubren cambios en el cerebro, relacionados con la edad, los educadores podrán usar esta información para diseñar una didáctica que sea más apropiada a la edad y más efectiva# (Pág. 37).

Por otra parte y dando continuación a este tema y con relación a la Educación Física, se considera importante que para conocer el origen y funcionamiento del desarrollo motor, es necesario saber el origen del desarrollo del Sistema Nervioso. Desde la primera división celular, el desarrollo del cerebro es producto de un equilibrio entre genes y entorno.

Para la tercera semana de gestación, el SN se va formando a través de un proceso llamado **neurulación***. Este proceso forma el *tubo neural*, el

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

cual da origen a estructuras cerebrales como lo son el cerebro y la médula espinal.

**El tubo neural es una estructura embrionaria que se forma durante el primer mes de la gestación; en concreto, el tubo acaba de cerrarse alrededor de la semana 28 después de la fecundación. Se trata del precursor del sistema nervioso central, compuesto por el encéfalo y la médula espinal.*

Existen dos fases de la neurulación o formación del tubo neural: la primaria, en la que la placa neural empieza a replegarse sobre ella misma, y la secundaria, que culmina este proceso y permite el desarrollo posterior del sistema nervioso.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

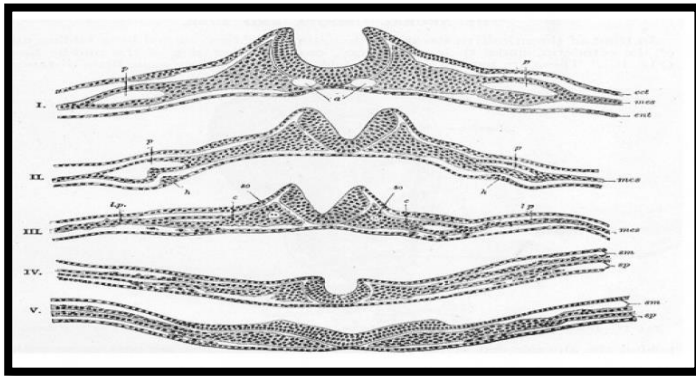


Figura. 47. Proceso de neurulación o Formación del tubo neural. A medida que el desarrollo embrionario progresa el tubo neural se divide en cuatro secciones: el encéfalo anterior (prosencefalo), el medio (mesencefalo), el posterior (rombencefalo) y la médula espinal. Cada una de estas partes progresará hasta dar lugar a los diferentes elementos que componen el sistema nervioso central adulto.

El neurodesarrollo se da como el resultado de un intercambio de materia y energía en forma de impulsos electroquímicos adecuados.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Cada contacto corporal, cada movimiento y cada emoción se convierten en una actividad eléctrica y química que propicia el avance del impulso genético modificando imperceptiblemente la configuración del cerebro.

La *Estimulación Temprana* es la activación oportuna e intencional de las células cerebrales del niño para que se dé un impulso electroquímico a través de las caricias, los masajes, juegos, ejercitaciones y actividades, de acuerdo a la etapa de su desarrollo y de su individualidad.

En el desarrollo, control y aprendizaje motor intervienen muchos subsistemas y aspectos a considerar: Sistema Nervioso -central, maduración, interacción de posibles lesiones del SNC y sistema músculo esquelético, la gravedad, la percepción, la cognición, los sistemas sensoriales (visual, vestibular y somatosensorial), la motivación,

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

el entorno, etc., es esencial establecer pautas de valoración y medición.

Las habilidades motrices permiten identificar el desarrollo y evolución adecuada del cerebro.

En los contextos de aprendizaje, el desarrollo motor le permite al sujeto controlar su cuerpo y estar atento a recibir y procesar información del contexto

En el lóbulo frontal de nuestro cerebro se procesa la información relacionada al movimiento y la planificación ejecutiva-conductual, sin embargo, es en el cerebelo donde esta se controla de forma automática

Las habilidades motoras conocidas como *Patrones Motores Básicos* como gatear y caminar, -entre otros- son hitos del desarrollo que algunos otros autores mencionan como desarrollo perceptivo-motor, refuerzan la coordinación visomotora,

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

ubicación en el espacio, coordinación, percepción de tamaños, integración sensorial y desarrollo de la lateralidad.

La evidencia neurocientífica permite saber cómo es que el ser humano controla el movimiento, el desarrollo de la autoorganización del movimiento cerebral. (Winstein 1990, Macias 2000, Schmidt 2003)

APRENDIZAJE MOTOR

La palabra Aprendizaje proviene del latín "ad" hacia y "prehendere" percibir, por lo que se define como un cambio relativamente estable en la potencialidad de la conducta y que ocurre como resultado de la práctica reforzada según Kimble (1961).

El aprendizaje, es la capacidad del individuo para que, paulatinamente, vaya modificando su conducta, de acuerdo a los nuevos conocimientos que va adquiriendo gracias a sus vivencias.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

El aprendizaje es un proceso dinámico que modifica la conducta a través de la adquisición de experiencias tanto afectivas, cognitivas como psicomotoras.

Algunos de los aspectos más importantes sobre este concepto son:

- ✓ La práctica sola no produce aprendizaje, sino únicamente fatiga, hay necesidad del REFUERZO
- ✓ El aprendizaje es un proceso que no se observa directamente, sino a través de las EJECUCIONES en que se manifiesta
- ✓ El nivel de aprendizaje determinará el límite superior de la ejecución

tipos o formas de aprendizaje

a) Condicionamiento clásico-Pavlov y Watson

b) Condicionamiento Operante -Thorndike - Skinner

Dicen que, de varias respuestas dadas a la misma situación, aquellos que van acompañados o seguidos inmediatamente de la satisfacción del animal, quedará nen

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

igualdad de condiciones, más firmemente ligadas a la situación, de tal manera que, cuando una situación vuelve a ocurrir, tales respuestas volverán muy probablemente a presentarse.

Skinner continúa con lo anterior, agregando de manera contingente un evento reforzante:

- Entrenamiento de recompensa
- Entrenamiento de castigo
- Enseñanza programada
- Entrenamiento de evitación
- Entrenamiento de escape

c) El aprendizaje perceptivo -Tolman

d) El aprendizaje vicario y la Imitación (a través de un modelo)- Bandura

Transferencia del Aprendizaje. La transferencia se define como la influencias que un determinado aprendizaje tiene sobre otro posterior, pudiendo ser positiva o

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

negativa; positiva, cuando ayuda o facilita el nuevo aprendizaje y negativa cuando lo obstaculiza (Interferencia)

Efecto de Reminiscencia. Es una mejora espontánea del aprendizaje como resultado de un periodo de descanso. Es la adquisición de un movimiento nuevo, precisarlo, afirmarlo y aplicarlo, aprendizaje deriva de la palabra *Aprehender*, que significa apoderarse; éste, no sólo consiste en saberlo, sino, en la destreza para ejecutarlo y, para la adquisición de las destrezas, se deben de practicar, motrizmente hablando.

El movimiento posee un carácter cognitivo, apoyado en las experiencias previas, la memoria motriz, y la capacidad de percepción.

El aprendizaje motor, para que se dé, requiere que transcurran ciertas Fases:

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

1. *Adquisición de la forma tosca y previa del movimiento; y, sólo se produce con la ejecución real de éste (coordinación primitiva del movimiento)*
2. *Forma precisa del movimiento; A través de la repetición y corrección, la práctica y el entrenamiento de la forma tosca (coordinación elaborada del movimiento)*
3. *Aplicación; es decir, que el movimiento adquirido se ejecute en otras situaciones y combinaciones (estabilización del movimiento).*

Presupuestos que deben producirse para lograr el aprendizaje Motor:

1. Afán de movimiento y actividad (disposición favorable para el aprendizaje)
2. Madurez funcional y experiencia motriz
3. La actividad de los sentidos
4. Captación de la tarea motriz
5. Referencia al objeto y experiencia de resistencia

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

6. La posesión de lenguaje
7. La sociedad humana
8. La experiencia del éxito

¿De dónde surge la capacidad de aprendizaje motor?

Surge de la capacidad ontogenética del ser humano, por lo que *El movimiento físico es el estímulo funcional más elemental para el aprendizaje motor*; El movimiento da al hombre la capacidad de relacionarse en su entorno espaciotemporal y social.

La primera realidad con la que se encuentra el ser humano es consigo mismo, con su propio organismo, dinámico y viviente. (Diccionario Enciclopédico de la Educación, 1985)

¿Cuáles son los Elementos del Movimiento?

Espacio (mts.), Tiempo (seg.) e Inercia (masa); dos de estos elementos se relacionan con la posición del objeto: velocidad y rapidez, la velocidad que una constante

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

vectorial que posee magnitud y dirección, en tanto que la rapidez es una cantidad escalar.

$$V = \frac{d}{t} \qquad \text{Aceleración} = \frac{v}{t}$$

Otro elemento condicionante del movimiento es la Fuerza Muscular, ya que esta es necesaria para una adecuada ejecución del movimiento. A fuerza es una combinación o resultado del tono y la potencia muscular. Un sujeto con aumento del tono muscular puede faltarle la potencia necesaria para ejecutar el movimiento y viceversa, una hipotonía muscular produce la falta del trasfondo necesario para que la potencia pueda manifestarse.

Para que un movimiento sea adecuado y cumpla su función, es necesario que sus componentes actúen en forma coordinada. La desproporción de algunos de estos componentes conduce a una ejecución defectuosa o distorsionada del movimiento.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

El aprendizaje de las habilidades motoras complejas

Se refiere a la adquisición de posibilidades de comportamiento motor definidas en términos de rendimiento motor y que requiere determinadas destrezas motoras. Los aprendizajes motores suponen la formación de cadenas de respuesta que implican tanto la coordinación de los diferentes movimientos cuanto la coordinación entre ellos y los procesos sensoriales que proporcionan la información externa y referencias sensoriales a partir de los propios movimientos ejecutados. Con todo ello se va configurando la acción motora.

El estudio de las leyes y fenómenos que rigen este tipo de aprendizaje ha venido a señalar las diferencias en función del tipo de práctica: global o distribuida, mostrándose más eficaz la segunda, probablemente, porque evita los efectos inhibidores generados por la fatiga.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

¿Cuál es la importancia, o qué papel juegan las cualidades físicas básicas en la ejecución y aprendizaje del movimiento?

¿Cuál es el orden o la secuencia de los diferentes niveles de dominio motor?

Los reflejos incondicionados (destrezas motoras primarias) son la base para formar otras destrezas motoras más complejas (reflejos condicionados), los que, a su vez, sirven para posteriores destrezas aún más complejas. Las nuevas destrezas y hábitos motores (producto de la repetición reiterada del movimiento) se forman según el mecanismo de formación de los reflejos condicionados.

Estereotipo dinámico motor ----- Hábito motor ----- Habilidades y destrezas simples----- Habilidades y destrezas complejas-----Agilidad motriz
--

Cuadro 22. Desarrollo del Hábito motor. Elaboración propia

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Toda metodología del aprendizaje de las acciones motoras requiere de la elaboración de determinadas secuencias para dominar distintas destrezas motoras que sirven de base fundamental en la planificación del proceso de la EF.

DESARROLLO MOTOR

Es un proceso que se caracteriza por una serie de cambios, transformaciones, modificaciones o adaptaciones que va teniendo el ser humano desde la gestación hasta la muerte y que le permiten adquirir el conocimiento y dominio de su cuerpo y de su capacidad de movimiento y de su entorno.

Las principales leyes de desarrollo motor son:

- ✓ Ley Cefalocaudal
- ✓ Ley Próximo-distal

Fases, etapas o estadios del desarrollo motor que van desde el control cefálico, control del tronco, control de miembros hasta llegar al ortostatismo, hasta el desarrollo de las habilidades y destrezas, a lo que algunos autores clasifican de la siguiente manera:

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

- Fase tónico-motriz
- Fase ideo motriz
- Fase cognitivo-motriz

El desarrollo motor se caracteriza por ser un proceso continuo (***Continuum*** del desarrollo motor, López-Niño 2020), que permite observar esos cambios o transformaciones de forma progresiva, siendo producto tanto de la genética como de la influencia del medio ambiente.

El desarrollo motor se divide en dos momentos: Desarrollo prenatal y desarrollo postnatal; el primero se organiza para su estudio en las siguientes fases:

Fase aneural* del desarrollo motor (Primeros movimientos)

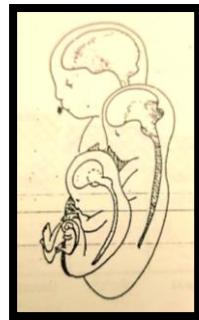
Fase de transición neuromuscular (mov. Lentos, arrítmicos, inicia actividad del SNC)

Fase espino bulbar del desarrollo motor fetal (movimientos activos y generalizados, diferenciación motriz, maduración de médula y bulbo raquídeo)

Fase vestibulo-bulbo-espinal-tegmentaria (mayor perfección de los movimientos, coordinación y progreso de la mielinización)

Fase pálida.rubro-cerebelo.bulbo-espinal-tegmentaria (Última fase fetal, perfección de los reflejos, mejoría de la mielinización)

**** Sin participación del sistema nervioso, se originan en el propio músculo.***



Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Ajuriaguerra (1978) resume el desarrollo prenatal con tres características primordiales:

- 1) Se pasa de movimientos lentos y de poca amplitud a movimientos bruscos, rápidos y de mayor coordinación
- 2) La reactividad fetal posee inicialmente efectos de masa y de poca diferenciación, haciéndose progresivamente más localizada y diferenciada
- 3) Las reacciones contralaterales adelantan a las homolaterales, siendo movimientos de evitación, adelantan a los de aproximación.

Desarrollo Postnatal

Es el estado general y normal del neonato el cual demuestra una variedad y riqueza de los comportamientos motrices que se manifiestan desde temprana edad.

Para Ajuriaguerra (1978), el estudio del desarrollo motor del recién nacido considera lo siguiente:

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

1. Evolución del tono muscular
2. Movimientos precoces
3. Coordinaciones primitivas
4. Reacciones reflejas automáticas

Considerando a diversos autores como Ajuriaguerra (1978), Ausubel y Sullivan (1983), Azemar (1981), Craatty (1982), Buytendijk (1957), etc., el desarrollo neonatal se puede dividir en diferentes categorías:

- A) Comportamientos no-reflejos (comportamientos motores masivos y localizados)
- B) Comportamientos reflejos (respuestas involuntarias, cuyas características son: rapidez del fenómeno, identidad de la reacción/siempre la misma respuesta, y carácter involuntario de la reacción)
- C) Evolución del tono muscular (en donde se va delineando el cambio entre un estado de hipotonía a otro de hipertonía conforme se conforma este proceso del desarrollo motor que va acompañado

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

del crecimiento y la madurez respectivas). A los niños hipertónicos les agrada el movimiento variado y cambiante, en tanto que a los niños hipotónicos se centran preferentemente en actividades manuales y minuciosas.

- D) El significado del tono en el desarrollo motor es importante ya que es más que una respuesta fisiológica, sino que, además, va acompañada de aspectos emocionales y afectivos (relacionados principalmente con la madre, a lo que se conoce con el nombre de ***Diálogo tónico*** y de ***Apego***, cuyas repercusiones a nivel psicológico son muy importantes de considerar.)

Componentes madurativos del desarrollo motor

1. Dominio corporal que incluyen tono, equilibrio y coordinación
2. Esquema corporal que significa la representación que el sujeto tiene de su cuerpo y se

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

subdivide en 3 estadios, cuerpo vivenciado, percibido y representado y que va de los 0 a los 12 años

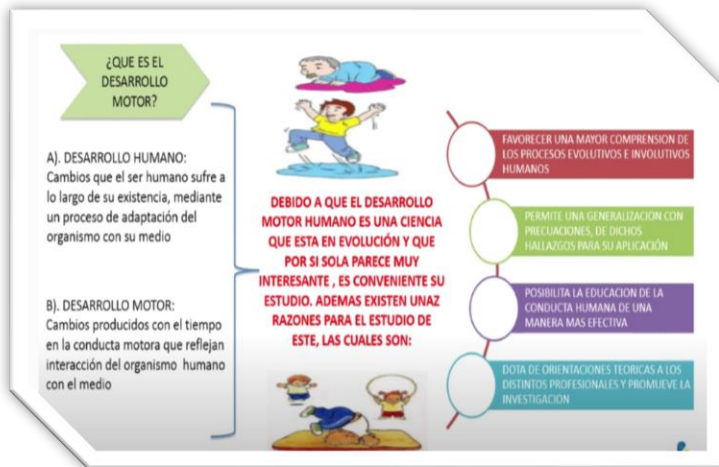


Figura 48, ¿qué es el desarrollo motor, Fuente: Vargas, D. (2020), Universidad Santo Tomás, Colombia

De acuerdo con Gallahue, existen 4 fases del desarrollo motor como se aprecia en el cuadro siguiente:

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

DAVID GALLAHUE

David Gallahue utiliza la metodología deductiva la cual contiene varias fases en el desarrollo motor. Estas corresponden cronológicamente con momentos y eventos de la vida en el desarrollo motor del niño. Destacó diferentes etapas en las habilidades motrices básicas desde los dos (2) a los siete (7) año de edad y las dividió en: inicial, elemental y maduro. Las habilidades que él selecciono fueron: correr, arrojar, atajar, patear y saltar.

1. El ser humano progresa motrizmente de lo simple a lo complejo y de lo general a lo específico.
2. Cada sujeto debe superar una fase para poder optar a conductas motrices más complejas.
3. Los seres humanos pueden encontrarse en diferentes fases en tareas distintas.
4. Existen factores físicos (aptitud) y mecánicos que intervienen en la ejecución motriz.

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS Formando personas que transforman 200 años

Figura 49. Fases del desarrollo motor de Gallahue.

De este modo, se presenta a continuación un cuadro comparativo entre lo que propone Gallahue y lo que presenta Ajuriaguerra y que fue tomado del libro de Ruiz Pérez (1987)

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

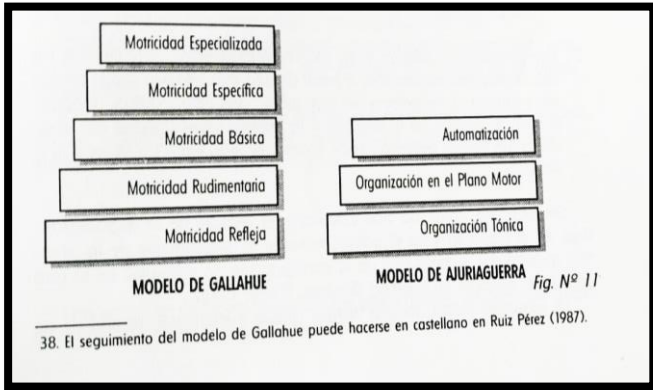


Figura 50. Comparativo entre los modelos de Gallahue y Ajuariaguerra.

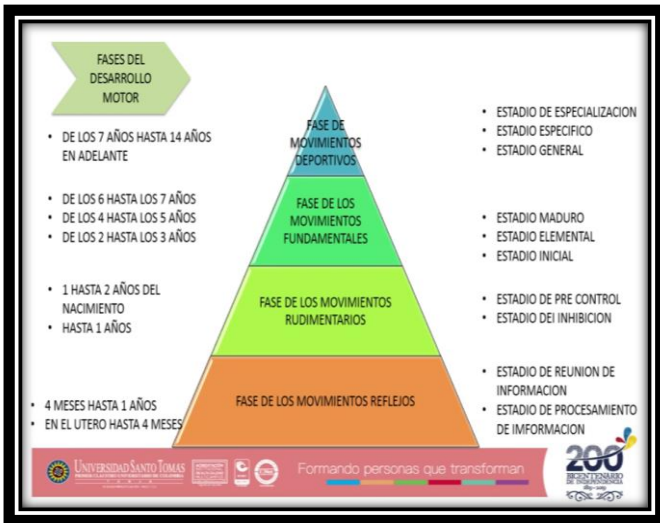


Figura 35. Modelo de Desarrollo Motor de la Universidad de Santo Tomás.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Aportaciones y avances de las Neurociencias para entender el Aprendizaje y desarrollo motor.

De acuerdo con lo expresado por Gómez (2003) respecto a que dentro del desarrollo motor, se da un intercambio tónico gestual con el otro, es donde se inscribe y se comprende este proceso de desarrollo motor tanto a nivel filogénico como ontogénico, siendo las actitudes posturales y los primeros movimientos el resultado de los sucesivos intentos del niño por regular y adecuar su inserción en el vínculo con la otredad. Y expresa que no tenemos movimientos sino gestos, dando a entender con esto que no sólo intervienen aspectos o factores biológicos sino también psicológicos y sociales

Para Goldstein, en Merlau Ponty 1993 y citado por Gómez 2003),

"Tanto el estudio del comportamiento reflejo, como el de los comportamientos superiores del sistema nervioso, muestran una ambigüedad funcional. No hay territorio neural que no

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

esté ligado en su funcionamiento a la actividad global del sistema nervioso, dependiendo esta de las relaciones organismo-medio, pero tampoco hay actividad funcional que no se vea alterada por la sustracción de alguno de los territorios neuronales... (Pág.5)"

De acuerdo con la Dra. Lourdes Macias Merlo. Fisioterapeuta pediátrica del CDIAT del Departamento de Bienestar y Familia, Barcelona.

"En los últimos años ha habido un cambio espectacular en la evidencia clínica derivada de nuevos hallazgos en investigaciones en neurociencia y ciencia del movimiento. Tanto las bases teóricas como sus consecuencias prácticas han estado constantemente cambiando debido a un conocimiento más extenso y profundo de las ciencias involucradas en este campo. Esto ha derivado a una revisión y redefinición constante basada en nuevos conceptos de neurofisiología, patofisiología y modelos terapéuticos. El conocimiento actualizado de cómo el ser humano controla el movimiento, el desarrollo de la autoorganización del movimiento funcional, así como los

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

elementos que intervienen en el aprendizaje motor nos proporcionan un marco teórico, basado en una evidencia científica, desde la cual podemos entender mejor cuando un individuo tiene dificultades en el desarrollo psicomotor y aprendizaje del movimiento (Winstein 1990, Macias 2000, Schmidt 2003).

Años atrás, la intervención estaba unida a las limitaciones que presentaban los niños, intentando conseguir el desarrollo psicomotor a través de una secuencia cefalocaudal e ítems motrices secuenciales, según esta premisa, las actividades motrices anteriores proporcionaban las condiciones necesarias para las siguientes, y centrado en la colaboración del niño y en nuestra *habilidad manual para conseguir respuestas del niño a través de métodos* (Shepard, 1991). Estas formas de trabajo fueron derivadas de experiencias clínicas del siglo pasado, de investigaciones in vitro de músculos, nervios o movimientos aislados, estudios de cadenas musculares, e hipótesis teóricas basadas según la neuro-

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

patofisiología de cada época. Es decir un enfoque intervencionista basado en teorías tradicionales (Boring, 1952, Gesell 1954, McGraw 1946).

A nivel terapéutico este cambio ha significado que hemos pasado de un enfoque intervencionista directo al niño (discapacidad, patología, limitación, etc.), en la que los terapeutas nos centrábamos en: "*corregir los problemas*", a un enfoque que incluye al niño, actividad, entorno y familia (Modelo contemporáneo CIF 2002). Actualmente y gracias al marco de la CIF y la evidencia científica hemos pasado a un enfoque terapéutico que enfatiza la función, capacitar al niño para tareas específicas y enfatizar la participación en situaciones de la vida como el juego, ocio, etc. Intentando capacitar y empoderar a los padres (Darrah 2008).

También las hipótesis teóricas sobre que los reflejos se inhiben a medida que maduran los centros superiores, ha cambiado su perspectiva gracias a estudios

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

científicos que nos han ayudado a entender mejor como el desarrollo fetal-infantil tiene una secuencia. Por ejemplo, el que la "Marcha automática" se pensaba como reflejo, actualmente se le denomina como pedaleo rítmico, que es como el patrón motor precursor que más tarde incorporaremos en nuestra locomoción vertical (Jeng, Suh-Fang 2002, Heathcoch 2005, Thelen et al.1982, 1993). El pedaleo rítmico (kicking) es un patrón de movimiento espontáneo que se escoge a menudo para investigar (tiene una relación con el potencial en el desarrollo de la marcha). Estos estudios sobre el pataleo también han ayudado a detectar signos neuromotores tempranos válidos para diagnosticar desórdenes del desarrollo neuromotor en prematuros (Forssberg 1985).

De esta manera y no sin antes señalar que es imposible en un texto como este el poder concentrar todos y cada uno de los descubrimientos, avances y aportaciones que

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

brinda la neurociencia y la gran cantidad de autores que han escrito e investigado sobre el tema, por lo que ofrecemos disculpas si omitimos la mención o aportaciones de algunos de ellos en este trabajo, a la vez que mencionar que estas contribuciones/aportaciones también se dan de forma recíproca desde la educación física para comprender cómo es que se da el proceso de aprendizaje en los alumnos y los seres humanos en general y cómo esta última contribuye al desarrollo y mejoramiento de nuestro sistema nervioso en general y del cerebro en particular.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Higiene y Fisioterapia

La palabra higiene se deriva del griego hygieinos que significa saludable o que trae salud y esta ciencia trata de la conservación y mejoramiento de la salud y cuya tarea consiste en el estudio de cómo influyen en la salud y en la capacidad de trabajo los diferentes factores del medio ambiente, tanto físicos, como químicos, sociales y de otra naturaleza. Asimismo, la higiene tiene como una de sus tareas principales la de elaborar los medios y procedimientos necesarios para incrementar el nivel de resistencia del organismo ante posibles influencias del medio exterior, prevenir los posibles factores de infecciones o contagios de elementos patógenos así como el fortalecimiento del sistema inmunológico del practicante, todo ello encaminado también al mejoramiento del estado general de salud, del desarrollo físico y de la capacidad de rendimiento del practicante del ejercicio regular.

Tampoco se pueden dejar de mencionar los temas y la importancia de los primeros auxilios y la fisioterapia tienen dentro de este tema de los fundamentos biológicos de la educación física; en ese sentido, la higiene tiene la finalidad de preservar y promover la salud con el objeto de obtener y conservar un bienestar personal y social, así como la prevención de enfermedades y

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

lesiones; así, encontramos que se debe dormir entre 6 y 8 horas diarias para favorecer los procesos de como son el sauna, el vapor, el hidromasaje, y recuperación y regeneración de los órganos, tejidos y desgaste psicológico que se presenta durante la vida de vigilia, así como también lo es el tema de baños y aseo personal en general además del uso de otros medios de recuperación después de la práctica del ejercicio físico para favorecer la recuperación incluyendo además los baños de sol o la exposición al aire como medio de templanza y fortaleza física, de igual forma que hablar de formas de recuperación como el masaje, lo mismo que del conocimiento de primeros auxilios que son tan necesarios para el caso de la práctica física donde las lesiones suelen ocurrir con cierta regularidad y es necesario auxiliar a nuestros alumnos ya sea por medio de terapia física tan sencilla como puede ser el uso de frío o de calor para ayudar en esas lesiones o bien con técnicas más complejas como bien puede ser el RCP o formas de inmovilización por una luxación o fractura mientras llega la ayuda especializada, en fin serían tantos los temas a desarrollar que no podríamos terminar este libro por lo que sólo se mencionan estos y otros ejemplos para despertar el interés y lograr que el docente de educación física se motive para su estudio.

De acuerdo con Cardona (2023),

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

"La higiene deportiva hace referencia a una serie de hábitos que se deben llevar a cabo a la hora de hacer ejercicio, donde esta va más allá de la simple limpieza para abarcar todo lo que tiene que ver con salud, bienestar y hábitos apropiados para el organismo en general, llevadas a cabo con regularidad, antes, durante y después de cada rutina (Pág. 1).

Entre dichos hábitos se encuentran los siguientes:

- ✓ Un diagnóstico médico que permita garantizar el estado de salud del practicantes antes de iniciar un programa de ejercicio y después de terminarlo para valorar los avances o resultados en la salud de este.
- ✓ Horarios de alimentación y ejercicio para evitar posibles problemas de mala digestión o inconvenientes durante la ejercitación por haber sobrecargado el estómago, así como también lo relativo a los porcentajes de cada uno de los nutrientes en función de sus objetivos a lograr.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

- ✓ El calentamiento o entrada en calor, el cual se refiere a que se debe incrementar paulatina y progresivamente la intensidad y/o dificultad de los ejercicios a realizar para prevenir ciertas lesiones y favorecer los procesos de lubricación y preparación neuromuscular.
- ✓ El uso de la vestimenta adecuada, tanto en lo que se refiere al tipo de tela, *comodidad*, y que permita ya sea la *transpiración correcta* como *conservar o eliminar el calor*, en función del lugar donde se ejercite: *no compartir toallas u otros equipos como guantes por ejemplo para prevenir posibles contagios*, lo mismo que el uso del calzado apropiado para el tipo de ejercicio.
- ✓ Hidratación adecuada, de acuerdo a las condiciones climáticas, es importante mantener una buena hidratación que permita un intercambio hídrico y de sales minerales necesarias para la

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

regulación térmica y de nutrientes. Así como prevenir calambres.

- ✓ *El baño regular después de ejercitarse para eliminar la sudoración y toxinas, así como el uso de otro tipo de recursos tales como el vapor, el sauna, las duchas frías, el hidromasaje, todos estos como formas que favorecen tanto la eliminación de toxinas como una recuperación más rápida después de ejercitarse.*

Ofrezco disculpas anticipadas por no ampliar más estos temas debido a la falta de espacio y con la consciencia de que no se han desarrollado con suficiencia, sin embargo a modo de justificación, hago mención que la pretensión de este libro es fundamentalmente de motivar e incentivar a los lectores a que se hagan responsables de su propio aprendizaje y recurran a nuevas y mejores informaciones sobre los diversos temas aquí expuestos.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

Fuentes de Información y Consulta

1. Anatomía del sistema respiratorio *Medical Illustration Copyright © 2022 Nucleus Medical Media Inc.*
2. [auladeanatomia.com/es/sistemas/253/rodilla-Baedke, J. \(2019\). O organism, where art thou? Old and new challenges for organism-centered biology. *Journal of the History of Biology*, 52\(2\), 293-324](http://auladeanatomia.com/es/sistemas/253/rodilla-Baedke, J. (2019). O organism, where art thou? Old and new challenges for organism-centered biology. Journal of the History of Biology, 52(2), 293-324)
3. Cardona, A. (2023), Higiene deportiva: antes, durante y después del ejercicio, recuperado d Fitpeople, <https://eresdeportista.com/salud/bienestar/higiene-deportiva-ejercicio/>
4. Carpenter, M.B. (1994). *Neuroanatomía. Fundamentos*. Buenos Aires: Editorial Panamericana.
5. Clark, N. (2010), *La guía de nutrición deportiva*, Edit. Paidotribo, España
6. Cooper, B (2011). [«The origins of bone marrow as the seedbed of our blood: from antiquity to the time of Osler»](#). *Baylor University Medical Center Proceedings* 24 (2): 1158. [PMC 3069519](#). [PMID 21566758](#). Archivado desde [el original](#) el 28 de julio de 2011.
7. Gutiérrez, M. (s/f), *Biomecánica Deportiva*, Edit. Síntesis, México

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

8. [Nature Bone Marrow Transplantation](#) (Nature Publishing Group) - revista científica especializada con artículos sobre la biología de la médula ósea y usos clínicos.
9. Figueroba, A. (2017) *¿Qué es la neurulación?, El proceso de formación del tubo neuronal, Neurociencias, Psicología y mente*. recuperado de <https://psicologiymente.com/neurociencias/neurulacion>
<https://expandetumente.com/frases-sobre-el-cerebro-que-debes-leer/>
10. Icaza, H. (2017), Apuntes para el Diplomado en Entrenamiento Deportivo, Inédito, México.
11. Icaza, H. (2020), *El libro del profesor de Educación Física, bases fundamentales para la construcción de una teoría científica de la Educación Física*. Edit. Ghandi, México
12. Icaza, H. (2023), *Educación Física y Neurociencias*, Edit. Kromática, Colima, México
13. Lifeder. (27 de septiembre de 2022). *Teoría del transformismo de Lamarck*. Recuperado de: <https://www.lifeder.com/teoria-transformismo-lamarck/>.
14. Ferri, R. (1996), *Crecimiento y Desarrollo*, Club Universitario de Alicante, España.
15. Gómez, R. (2003), *El aprendizaje de las habilidades y esquemas motrices en el niño y el*

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

- joven, Significación, estructura y psicogénesis, Edit. Stadium, Argentina
16. Gómez, R. (2004), *La educación física en el nivel primario*, Edit. Stadium, Argentina
 17. Guyton, A. C. & Hall, J. (2006). *Tratado de Fisiología Médica*. Elsevier; 11th edition.
 18. Guyton, A.C. (1994) *Anatomía y fisiología del sistema nervioso*. Neurociencia básica. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
 19. Harrow, A. (1973), *Taxonomía del desarrollo psicomotor*
 20. Laptjev, A. y Minj, A. (1987), *Manual de higiene de la Cultura Física y el Deporte*, Edit. Ráduga, Rusia.
 21. Le Boulch, J. (1996), *La educación por el movimiento en la edad escolar*, Edit. Paidós, Argentina.
 22. López, A. y Vega, C. (S/F), *La Clase de Educación Física, Actualidad y Perspectivas, una propuesta cubana*, Ediciones Deportivas Latinoamericanas, México.
 23. Maureira, F. (2010), *La mentira y las narraciones que nos hacemos de nosotros mismos y de los demás*. Ludus vitalis volumen XVIII, número 33, 2010, Escuela de Psicología, Universidad de Santiago de Chile.

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

24. Merlo, R. (2015), *Curso de Metodología del Entrenamiento del Doctorado en Ciencias del Deporte UBC, Campus Tepic, México*
25. Montagud, N. (2019), *Los 12 sistemas del cuerpo humano (y sus funciones)*, recuperado de <https://psicologiymente.com/salud/sistemas-cuerpo-humano>
26. Patient & Family Education Materials (agosto 2023) *Sistema Endócrino*, recuperado de [childrensmn.org/educationmaterials/parents/article/12974/sistema-endocrino/#:~:text=Las%20hormonas%20del%20sistema%20endocrino,cada%20una%20de%20las%20hormonas](https://www.childrensmn.org/educationmaterials/parents/article/12974/sistema-endocrino/#:~:text=Las%20hormonas%20del%20sistema%20endocrino,cada%20una%20de%20las%20hormonas).
27. Nöcker, J. (1980), *Bases biológicas del ejercicio y el entrenamiento*, Edit. Kapelusz, Argentina
28. Olguín, I. (2021), ¿Cómo se relaciona la higiene con la actividad física?, recuperado de <https://www.unionguana-juato.mx/2021/04/19/como-se-relaciona-la-higiene-con-la-actividad-fisica/>
29. Olmedo, R. y Palacios, J. (1989), *Crecimiento, Desarrollo y Salud*, Edit. CONADE, México

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

30. Ozolin, N. (1983), *Sistema contemporáneo de entrenamiento deportivo*, Edit. Científico. Técnica, La Habana
31. Papa, Y. (2023), *¿cómo calcular nuestro gasto calórico diario?*, recuperado de: <https://eres-deportista.com/dieta/como-calcular-nuestro-gasto-calorico-diario/>
32. Ruiz, L. (1995), *Competencia motriz. Elementos para comprender el aprendizaje motor en Educación Física*, Escolar, Edit. Gymnos, España
33. Ruiz, L. (2002), *Deporte y aprendizaje, procesos de adquisición y desarrollo de habilidades*, Edit, Machado, España.
34. SEP, Subsecretaría de Educación Básica, DGEF, (1994), *Programa de Educación Física Motriz de Integración Dinámica*, México
35. Stencel, A., & Proszewska, A. M. (2018). How research on microbiomes is changing biology: a discussion on the concept of the organism. *Foundations of Science*, 23(4), 603-620.
36. Tortora, G.J., Derrickson, B. (2016). *Principles of Anatomy and Physiology* (15th edition). Hoboken: Wiley.
37. Torres, A. (2017), *Ley de Hebb: la base neuropsicológica del aprendizaje*, recuperado de

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

- la página electrónica de psicologiymente.com/neurociencias/ley-de-hebb
38. Torres, J. (1998), *Didáctica de la Clase de Educación Física*, Edit. Trillas, México
 39. Varea, C. y Tomás, R. (s/f), *Antropología física: aportaciones fundamentales y proyecciones como ciencia interdisciplinar*, Universidad de Madrid
 40. Ventura, L. (2012), *Los fundamentos pedagógicos de la educación física*, Blog de Contenidos Pedagógicos de la educación física de la Universidad Veracruzana
 41. Vilarrasa, A. (2023), *¿Qué es la composición corporal y por qué es más importante que el IMC*
 42. Wang J, Yu L, Jiang C, Chen M, Ou C, Wang J (2013). «Bone marrow mononuclear cells exert long-term neuroprotection in a rat model of ischemic stroke by promoting arteriogenesis and angiogenesis.». *Brain Behav Immun.* **34**: 56-66. [PMID 23891963](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23891963/). [doi:10.1016/j.bbi.2013.07.010](https://doi.org/10.1016/j.bbi.2013.07.010)
 43. <https://medicoplus.com/reumatologia/partes-articulacion>
 44. <https://es.wikipedia.org/wiki/Lamarckismo>
Fuente: <https://concepto.de/metabolismo/#ixzz7zM2rithk>

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

45. <https://concepto.de/metabolismo/>
46. <https://www.elsevier.com/es-es/connect/medicina/anatomia-y-estructura-de-la-celula>
47. <https://www.kenhub.com/es/library/anatomia-es/sangre-histologia>
48. <https://fisiologia.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2021/04/UTIII-5-Gasto-energetico.pdf>
49. <https://www.fisioterapia-online.com/glosario/biomecnica>
50. <https://gaceta.cch.unam.mx/es/la-biomecnica-deportiva>
51. <https://mx.aptavs.com/articulos/que-es-la-biomecnica>
52. <https://www.euroinnova.mx/como-se-usa-la-biomecnica-en-el-deporte>
53. <https://blog.institutoisaf.es/evolucion-la-fisiologia-bioquimica-del-ejercicio>
54. https://mx.images.search.yahoo.com/yhs/search?p=imagenes+de+la+pir%C3%A1mide+nutricional&fr=yhs-adk-adk_sbyhp&type=-win%7E2022-4%7E&hspart=adk&hsimp=yhs-adk_sbyhp&imgurl=https%3A%2F%2Fpinimg.com%2Forignals%2F77%2Ffe%2F57%2F77fe57ad9784

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

d8931feeeab69d31b7a6.jpg#id=4&iurl=http%3A%2F%2Fcomefruta.es%2Fwp-content%2Fuploads%2Fpiramide-nutricional-def.jpg&action=click

55. <https://www.imss.gob.mx/salud-en-linea/apps-sano/calculadora-calorias#tmb>
56. Tabla de Índice de masa corporal. https://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/salud/tablas_imc/hombres_imc.pdf
57. Meditip (2018), Composición corporal, recuperado de <https://www.meditip.lat/el-cuerpo-humano/composicion-corporal/agosto>
58. Nomograma de peso y estatura para niños y niñas de la Organización Mundial de la Salud: https://mx.images.search.yahoo.com/yhs/search?p=NOMOGRAMA+DE+PESO+DE+NI%C3%91OS+Y+NI%C3%91AS&fr=yhs-adk-adk_sbyhp&type=-win-%7E2022-4%7E&hspart=adk&hsimp=yhs-adk_sbyhp&imgurl=https%3A%2F%2Fimage.slidesharecdn.com%2Fpesoninas0a5anos-100824134233-phpapp01%2F95%2Fpeso-nias-0-a-5-aos-1-728.jpg%3Fcb%3D1282657390#id=15&iurl=https%3A%2F%2Fimage.slidesharecdn.com%2Fpesoninas0a5anos-100824134233-phpapp01%2F95%2Fpeso-nias-0-a-5-aos-1-728.jpg%3Fcb%3D1282657390&action=click

Fundamentos Biológicos de la Educación Física

59. Tablas del Índice de Masa Corporal para hombres y mujeres recuperado de la página del IMSS:
https://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/salud/tablas_imc/hombres_imc.pdf
60. Tabla de Peso Ideal, recuperado de :
<https://www.tablapesoideal.com/tabla-peso-ideal.html>