



Curso Instructor de Musculación y Fitness
Asociación Balear de Entrenadores Personales

Manual Curso de Instructor de Musculación y Fitness

Bloque 1

Parte 1: Anatomía

La anatomía (del griego *ana* y *tomē* “corte y disección”) es una ciencia médica que estudia las macroestructuras anatómicas conforme a su espacio, ubicación, disposición, composición, relación topográfica y clasificación propia.

Es una ciencia muy antigua que se basó en la observación de plantas y animales diseccionados. Sin embargo, la comprensión adecuada de la arquitectura anatómica implica conocer también la función del organismo. Es por eso que la anatomía es casi inseparable de la fisiología, a veces llamada *anatomía funcional* o *anatomofisiología*.

Es considerada una de las ciencias básicas de la vida y al ser un pilar básico de nuestra formación, es muy necesario su estudio profundo.

Generalizando, el cuerpo humano está organizado en diferentes niveles según una jerarquía. Así, está compuesto de aparatos. Éstos los integran sistemas, que a su vez están compuestos por órganos, que están compuestos por tejidos, que están formados por células, que están formados por moléculas, etc.

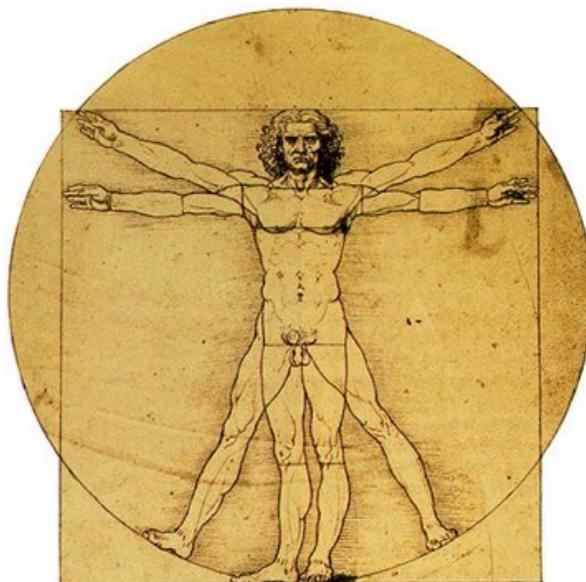
Por ejemplo, el aparato locomotor está integrado por los sistemas muscular, esquelético, articular y nervioso.

A continuación, un listado de los sistemas en anatomía humana:

- Aparato digestivo: procesado de la comida, boca, esófago, estómago, intestinos y glándulas anales.
- Sistema endocrino: comunicación dentro del cuerpo mediante hormonas.
- Aparato excretor: eliminación de residuos del cuerpo mediante la orina.
- Sistema inmunitario: defensa contra agentes causantes de enfermedades.
- Sistema integumentario: piel, pelo y uñas.

- Sistema nervioso: recogida, transferencia y procesado de información, por el cerebro y los nervios.
- Aparato reproductor: los órganos sexuales.(Masculinos y Femeninos)
- Aparato respiratorio: los órganos empleados para la respiración son los pulmones. dentro de los cuales podemos encontrar los Bronquiolos, cilios etc.
- Sistema muscular: movimiento del cuerpo.
- Sistema óseo: apoyo estructural y protección mediante huesos.
- Sistema articular: formado por las articulaciones y ligamentos asociados que unen el sistema esquelético y permite los movimientos corporales.
- Aparato locomotor: conjunto de los sistemas esquelético, articular y muscular. Estos sistemas coordinados por el sistema nervioso permiten la locomoción.
- Sistema cardiovascular: formado por el corazón, arterias, venas y capilares
- Sistema linfático: formado por los capilares, vasos y ganglios linfáticos, bazo, Timo y Médula Ósea.
- Aparato circulatorio: conjunto de los sistemas cardiovascular y linfático.

Con el fin de simplificar ante tan profundo temario, centraremos nuestra atención en tres de estos sistemas: el esquelético, el muscular y el cardiovascular.



Sistema óseo

En biología, el esqueleto es el sistema biológico que proporciona soporte y apoyo a los tejidos blandos y músculos en los organismos vivos. El sistema esquelético tiene funciones de locomoción, sostén y protección. Los vertebrados presentan un esqueleto interno o endoesqueleto, constituido por huesos, que se unen entre sí por las articulaciones. La ciencia que se encarga de estudiar los huesos se denomina *osteología*.

Un esqueleto interno consiste en estructuras rígidas o semirígidas dentro del cuerpo, que se mueven gracias al sistema muscular. Si tales estructuras están mineralizadas u osificadas, como en los humanos y otros mamíferos, se les llama huesos.

El cuerpo del adulto está formado por 208 huesos aproximadamente, los cuales son rígidos y nos sirven para proteger a los órganos blandos del organismo. Los huesos están formados en su mayor parte por calcio, y a su vez ayudan al equilibrio de éste (homeostasis).

Los huesos forman el esqueleto, el cual se divide en dos:

- Esqueleto axial: formado por cabeza, cuello y huesos del tronco (costillas, esternón, vértebras y el sacro).
- Esqueleto apendicular: formado por huesos de los miembros incluidos los que forman las cinturas pectoral y pélvica.

Otro componente del sistema esquelético son los cartílagos, que complementan su estructura. En los seres humanos, por ejemplo, la nariz y orejas están sustentadas por cartílago. Algunos organismos tienen un esqueleto interno compuesto enteramente de cartílago, sin huesos calcificados, como en el caso de los tiburones. Los huesos y otras estructuras rígidas están conectadas por ligamentos y unidas al sistema muscular a través de tendones.

El esqueleto del hombre es interno, por lo tanto se denomina endoesqueleto, es una estructura que está unida por huesos, los cuales forman un armazón resistente y al mismo tiempo presenta articulaciones.

Una articulación es el medio de contacto que hace a la unión entre dos huesos próximos. La parte de la anatomía que se encarga del estudio de las articulaciones es la *artrología*.

Las funciones más importantes de las articulaciones son de constituir puntos de unión del esqueleto y producir movimientos mecánicos, proporcionándole elasticidad y plasticidad al cuerpo, además de ser lugares de crecimiento.



Existen varios tipos de articulaciones que pueden ser clasificadas dependiendo de su organización funcional o estructural, es decir, dependiendo de “¿qué hacen?” o de “¿cómo son?”

Atendiendo a su clasificación estructural tenemos:

- Sinoviales o Móviles
- Fibrosas o inmóviles
- Cartilaginosas o semimóviles

Y si atendemos a su clasificación funcional:

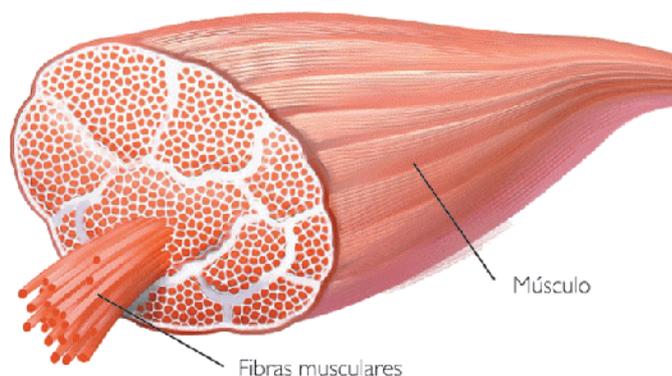
- **Diartrosis o articulaciones móviles**
 - **Enartrosis:** las superficies articulares que intervienen son esféricas, una cóncava y una convexa. Realizan todos los movimientos posibles en el espacio, como por ejemplo la articulación glenohumeral (hombro) y la coxofemoral (cadera).
 - **Condilartrosis:** las superficies articulares son alargadas, una convexa y una cóncava. Efectúan todos los movimientos posibles salvo el de rotación.

- **Trocleartrosis:** las superficies articulares son una polea o tróclea y dos carillas separadas por una cresta. Ejecutan los movimientos de flexión y extensión. Por ejemplo, la articulación del codo.
- **Encaje recíproco:** las superficies articulares son una cóncava y otra convexa, que encajan perfectamente. Menos la rotación, realizan todos los movimientos, pero con poca amplitud.
- **Trocoides:** las superficies articulares son un eje óseo y un anillo osteofibroso. Poseen un movimiento de rotación. Como el Atlas con la apófisis odontoides del Axis.
- **Artrodias:** las superficies articulares son dos carillas planas.
- **Anfiartrosis:** Este tipo de articulaciones se mantienen unidas por un cartílago elástico y presentan una movilidad escasa, como la unión de los huesos del pubis (sínfisis del pubis), que durante el parto realiza un movimiento muy amplio, y la articulación entre los cuerpos de vértebras adyacentes.
- **Sinartrosis:** se mantienen unidas por el crecimiento del hueso, o por un cartílago resistente. Son articulaciones rígidas, sin movilidad, como las que unen los huesos del cráneo, o con una movilidad muy limitada, como la unión distal entre ulna y radio.

Sistema muscular

El sistema muscular es el conjunto de los más de 600 músculos del cuerpo y su función principal es generar movimiento sobre las articulaciones. Aproximadamente el 40% del cuerpo humano está formado por músculos, lo que significa que alrededor de 400g de cada kilogramo corresponden a tejido muscular.

Entre las funciones de este sistema encontramos la producción de calor, la estabilidad del esqueleto, la información del estado fisiológico, la actividad de los órganos internos, la protección y la forma propia del individuo.



Se distinguen tres tipos de músculos según su disposición:

- Músculo esquelético:
- Músculo liso
- Músculo cardíaco

Cada músculo posee una determinada estructura, según la función que realicen, entre ellas encontramos:

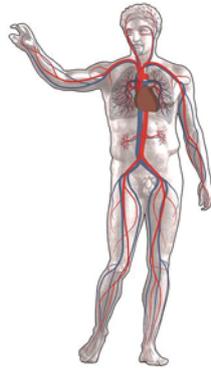
- **Fusiformes:** músculos con forma de huso. Siendo gruesos en su parte central y delgados en los extremos.
- **Planos y anchos:** son los que se encuentran en el tórax (abdominales), y protegen los órganos vitales ubicados en la caja torácica.
- **Abanico:** los músculos pectorales o los temporales de la mandíbula.
- **Circulares:** músculos en forma de aro. Se encuentran en muchos órganos, para abrir y cerrar conductos, por ejemplo el píloro o el orificio anal.
- **Orbiculares:** músculos semejantes a los fusiformes, pero con un orificio en el centro, sirven para cerrar y abrir otros órganos. Por ejemplo los labios y los ojos.

Dependiendo de la forma en que sean controlados:

- Voluntarios: Controlados por el individuo
- Involuntarios o Viscerales: Dirigidos por el sistema nervioso central
- Autónomo: Su función es contraerse regularmente sin detenerse.
- Mixtos: músculos controlados por el individuo y por sistema nervioso, por ejemplo los párpados.

La unión del tejido muscular al óseo se realiza mediante otro tejido, el conectivo, de una composición específica no contráctil que recibe el nombre de tendones.

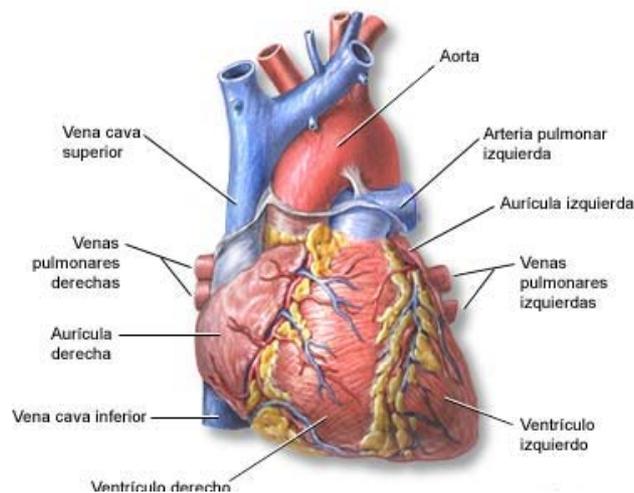
Sistema cardiovascular



Es el sistema que hace conducir la sangre y la linfa a través del cuerpo, la primera realiza dos circuitos a partir del corazón:

- **Circulación mayor o circulación somática o general.** El recorrido de la sangre comienza en el ventrículo izquierdo del corazón, cargada de oxígeno, y se extiende por la arteria aorta y sus ramas arteriales hasta el sistema capilar, donde se forman las venas que contienen sangre pobre en oxígeno. Desembocan en una de las dos venas cavas (superior e inferior) que drenan en la aurícula derecha del corazón.
- **Circulación menor o circulación pulmonar o central.** La sangre pobre en oxígeno parte desde el ventrículo derecho del corazón por la arteria pulmonar que se bifurca en sendos troncos para cada uno de ambos pulmones. En los capilares alveolares pulmonares la sangre se oxigena a través de un proceso conocido como hematosis y se reconduce por las cuatro venas pulmonares que drenan la sangre rica en oxígeno, en la aurícula izquierda del corazón.

El corazón



El corazón está situado en la cavidad torácica, sobrepuesto por su cara inferior sobre el músculo diafragmático (que divide cranealmente al tronco en cavidad torácica y caudalmente en cavidad abdominal). El vértice del corazón está orientado hacia la izquierda y hacia el 5º espacio intercostal. A ambos lados del corazón se encuentran los pulmones.

Su estructura interna se divide en tres capas, y su morfología externa presenta las aurículas derecha e izquierda, separadas por el surco interauricular y los ventrículos derecho e izquierdo, separados por el surco interventricular.

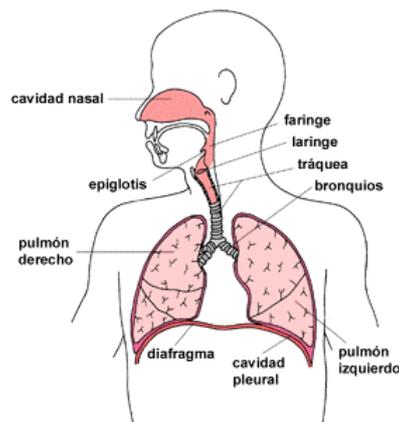
La función del corazón es conocida por todos, bombear la sangre para hacerla llegar a los tejidos.

La sangre es un tejido fluido que tiene un color rojo característico, debido a la presencia del pigmento hemoglobínico contenido en los glóbulos rojos.

Es un tipo de tejido conjuntivo especializado, con una matriz (base) líquida y una constitución compleja. Tiene una fase sólida (elementos formes, que incluye a los glóbulos blancos, los glóbulos rojos y las plaquetas) y una fase líquida, representada por el plasma sanguíneo.

Su principal función es la logística de distribución e integración sistémica, cuya contención en los vasos sanguíneos (espacio vascular) admite su distribución (circulación sanguínea) hacia casi todo el cuerpo. De entre todas esas funciones, en el entrenamiento destacaremos la del transporte de oxígeno mediante la hemoglobina.

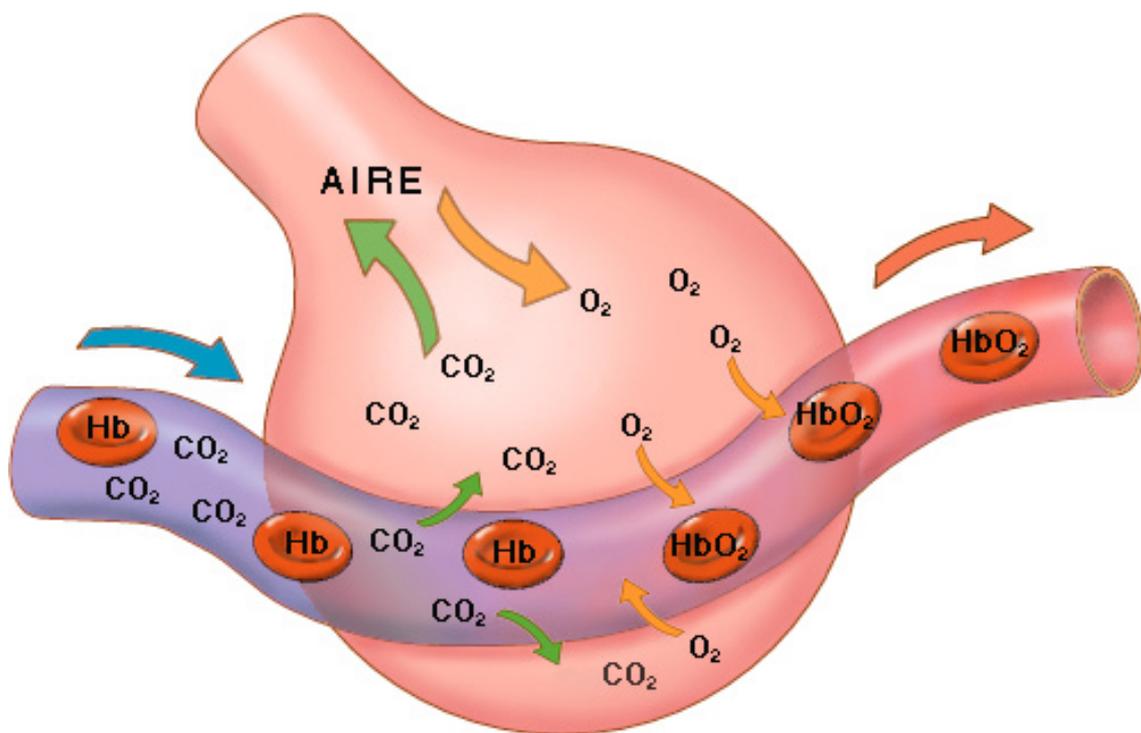
Combinado con este aparato circulatorio, es necesaria la presencia del aparato respiratorio, con el fin de obtener ese oxígeno que la sangre transportará, y eliminar su deshecho metabólico, el dióxido de carbono.



El aparato completo está formado por los órganos nariz, faringe, laringe, tráquea, bronquios, pulmones y alvéolos, que realizan el intercambio gaseoso.

Los pulmones son dos órganos con el aspecto de un cono, formados por tejido esponjoso de color rosa grisáceo y cubiertos por una membrana llamada pleura. Ocupan la mayor parte del espacio del pecho o tórax (la parte del cuerpo que está entre la base del cuello y el diafragma).

El intercambio de gases entre el aire y la sangre tiene lugar a través de las finas paredes de los alvéolos y de los capilares sanguíneos. La sangre venosa proveniente de la arteria pulmonar se libera del dióxido de carbono, procedente del metabolismo de todas las células del cuerpo, y toma oxígeno. La sangre oxigenada regresa por la vena pulmonar al corazón que la bombea a todo el cuerpo.



Bloque 1

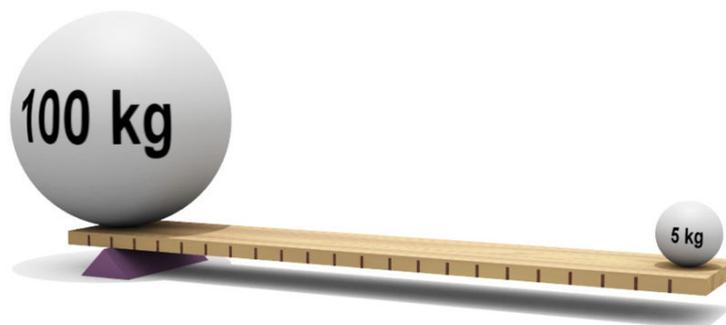
Parte 2: Kinesiología

El movimiento

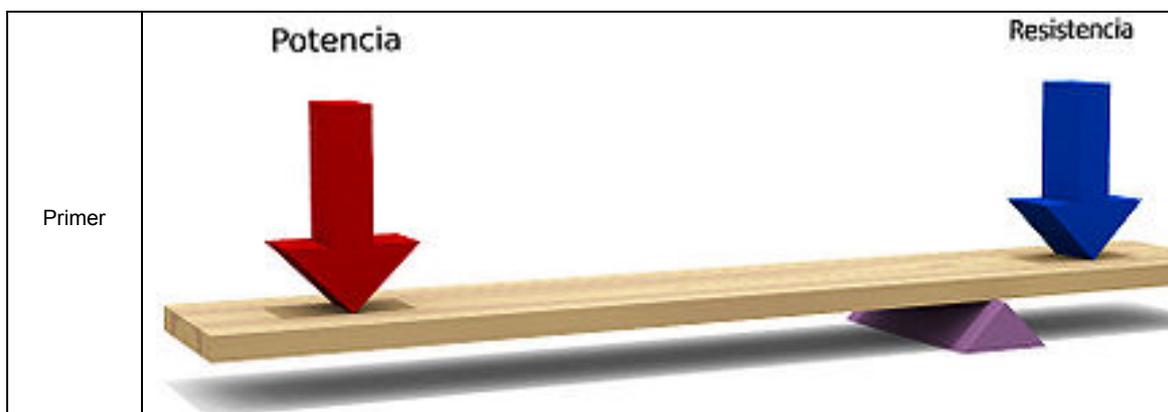
La kinesiología es el estudio del movimiento humano. La palabra proviene del griego kinesis = movimiento, y logos = estudio. El estudio de ese movimiento es lo que nos determinará con exactitud el uso de las diferentes estructuras músculo-esqueléticas.

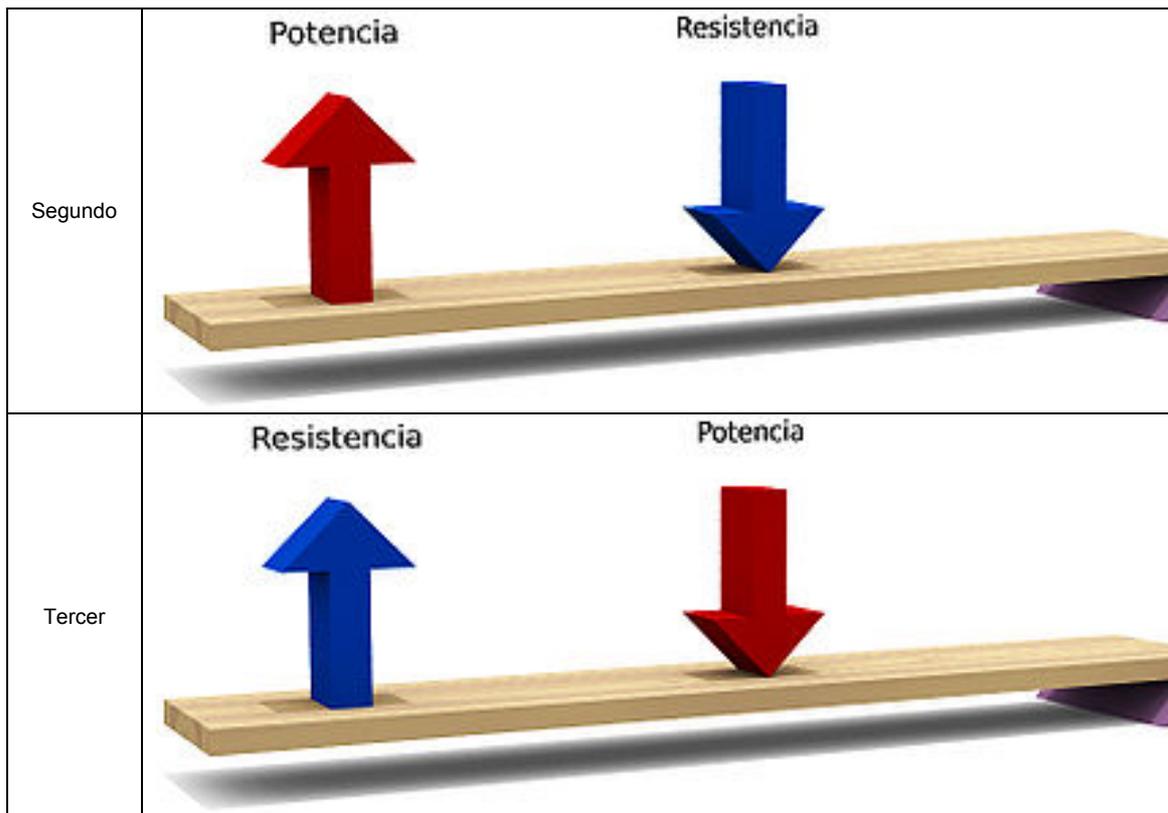
En mecánica, el movimiento está explicado como un fenómeno físico definido como todo cambio de posición que experimentan los cuerpos de un sistema, o conjunto en el espacio, con ellos mismos o con arreglo a otro cuerpo que sirve de referencia. Todo cuerpo en movimiento describe una **trayectoria**.

El cuerpo humano se mueve mediante palancas, es decir, la contracción muscular permite que las articulaciones modifiquen su posición angular. El conjunto de esas modificaciones de forma sincronizada nos permite caminar, correr, saltar, etc...



Existen tres géneros de palanca, atendiendo a cómo se distribuyen los elementos que la conforman.





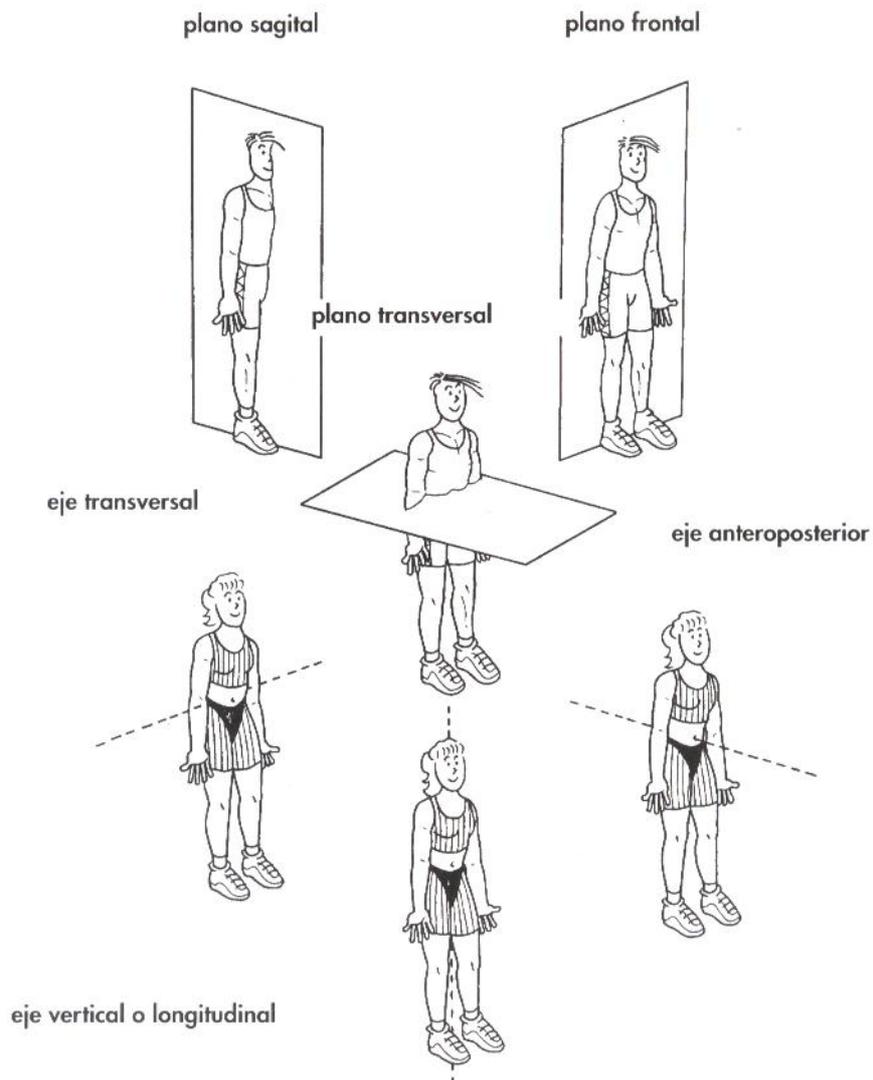
Hay que tener claro que los diferentes tipos de palanca presentan diferencias en cuanto a la cantidad de fuerza que hay que aplicar respecto a la que hay que vencer, y que además ésta va relacionada a la longitud del brazo de palanca. De la misma forma ocurrirá en el cuerpo humano entonces, ya que, dependiendo de cuan larga sea la palanca utilizada, diferente carga le llegará al cuerpo, o mejor dicho, a la articulación que esté soportándola.

Tener claro todos los tipos de palancas presentes en el ser humano es complicado, pero el estudio profundo de la anatomía facilitará enormemente la tarea, ya que la “visión tridimensional” de la posición articular y/o muscular no será un inconveniente para “dibujar” el movimiento en nuestra mente.

Todo movimiento puede realizarse sobre unos determinados planos y ejes:

- **Plano frontal o coronal:** Es aquel que divide una estructura en una parte anterior o ventral y en otra posterior o dorsal.
- **Plano sagital:** Es aquel que pasa justamente por la mitad de la economía dando lugar a dos mitades simétricas (derecha e izquierda).
- **Plano transversal:** es aquel que divide la economía en dos partes sin simetría: una superior o craneal y otra inferior o caudal.

- **Eje longitudinal o vertical aplicado a las articulaciones:** Permite dos tipos de giros: una rotación interna aproximando la articulación hacia el plano mediosagital y una rotación externa alejando la articulación del plano mediosagital.
- **Eje transverso aplicado a las articulaciones:** Permite reconocer los movimientos de flexo-extensión.
- **Eje antero-posterior aplicado a las articulaciones:** Permite reconocer movimientos de separación (abducción) del plano mediosagital y de aproximación (adducción) al plano mediosagital.



Los movimientos que podremos hacer con nuestros segmentos corporales se corresponden a los siguientes citados:

- Flexión
- Extensión
- Abducción
- Aducción
- Rotación interna/externa
- Circunducción

Ahora hay que llevarlo a la práctica funcional y acostumbrarnos a ella, por ejemplo, ***“un curl de bíceps es una flexión de codo”***.

Bloque 1

Parte 3: Entrenamiento

La fuerza y sus variables

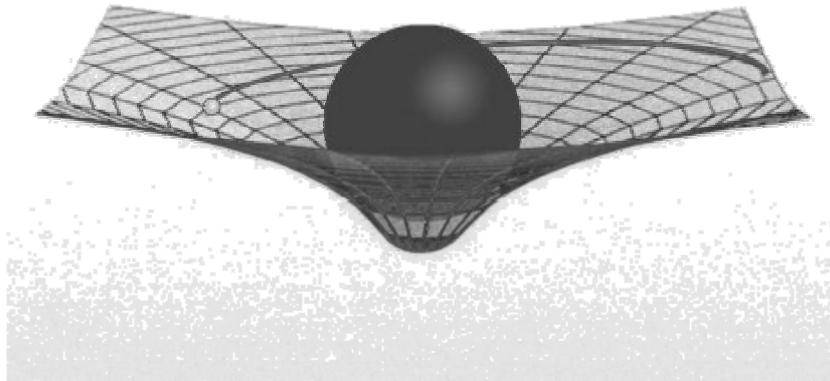
La fuerza se puede definir como una magnitud vectorial capaz de deformar los cuerpos (efecto estático), modificar su velocidad o vencer su inercia y ponerlos en movimiento si estaban inmóviles.

Suele ser común hablar de la fuerza aplicada sobre un objeto, sin tener en cuenta al otro objeto con el que está interactuando; en este sentido la fuerza puede definirse como toda acción o influencia capaz de modificar el estado de movimiento o de reposo de un cuerpo (imprimiéndole una aceleración que modifica el módulo, dirección, o sentido de su velocidad), o bien de deformarlo.

Las fuerzas fundamentales descritas en el Universo son cuatro, pero nosotros vamos a centrarnos únicamente en una de ellas, la **fuerza gravitatoria**.

La gravedad, denominada también fuerza gravitatoria, fuerza de gravedad, interacción gravitatoria o gravitación, es la fuerza teórica de atracción que experimentan entre sí los objetos con masa.

Tiene relación con la fuerza que se conoce como peso. El peso, que es familiar a todos, es la fuerza de gravedad que ejerce la masa de la Tierra, respecto cualquier objeto que esté en su entorno, por ejemplo, la masa del cuerpo humano. Se aprovecha esta fuerza para medir la masa de los objetos con bastante precisión, por medio de básculas de pesas. La precisión alcanzada al pesar se debe a que la fuerza de gravedad que existe entre la tierra y los objetos de su superficie es similar en cualquier lugar que esté a la misma distancia del centro terrestre, aunque esta disminuirá proporcionalmente si se alejan, tanto de la pesa como del objeto a pesar.



En otros planetas o satélites, el peso de los objetos varía si la masa de los planetas o satélites es diferente (mayor o menor) a la masa de la Tierra.

Los efectos de la gravedad son siempre atractivos, y la fuerza resultante se calcula respecto del centro de gravedad de ambos objetos (en el caso de la Tierra, el centro de gravedad es su centro de masas, al igual que en la mayoría de los cuerpos celestes de características homogéneas).

La gravedad tiene un alcance teórico infinito, sin embargo, la fuerza es mayor si los objetos están cerca uno del otro, y mientras se van alejando dicha fuerza pierde intensidad. La pérdida de intensidad de esta fuerza es proporcional al cuadrado de la distancia que los separa. Por ejemplo, si se aleja un objeto de otro al doble de distancia, entonces la fuerza de gravedad será la cuarta parte.

Según las leyes de Newton, toda fuerza ejercida sobre un cuerpo le imprime una aceleración. En presencia de un campo gravitatorio, todo cuerpo se ve sometido a la fuerza gravitatoria, y la aceleración que imprime esta fuerza, o aceleración en cada punto del campo, se denomina intensidad del campo gravitatorio o aceleración de la gravedad.

Para la superficie de la Tierra, la aceleración de la gravedad es de aproximadamente $9,81 \text{ m/s}^2$. Este valor de **G** es considerado como el valor de referencia y, así, se habla de naves o vehículos que aceleran a varios **G**. En virtud del principio de equivalencia, un cuerpo bajo una aceleración dada sufre los mismos efectos que si estuviese sometido a un campo gravitatorio cuya aceleración gravitatoria fuese la misma.

Algunos ejemplos de fuerzas G

- Al detectar 3Gs saltan los airbag.
- Un caza en un giro puede producir 7 Gs. Para compensar la fuerza se utilizan trajes anti-G.
- Un Fórmula 1 puede producir en frenada 5 G, y 3 G laterales en las curvas.
- Un coche de calle en una frenada de emergencia produce alrededor de 1 G.
- En un viaje en montaña rusa se producen rápidos cambios entre G positivas (a menudo se suelen alcanzar sobre las 4 G) y negativas (sobre -1 G), lo que produce la sensación típica que llama la atención a la gente y hace que estas atracciones gusten tanto.

Existen otras fuerzas que podemos utilizar en el campo del entrenamiento y que no son gravitatorias como es el caso de la **fuerza elástica**.

La elasticidad está definida como la propiedad mecánica de ciertos materiales de sufrir deformaciones reversibles cuando se encuentran sujetos a la acción de fuerzas exteriores y de recuperar la forma original si estas fuerzas exteriores se eliminan.

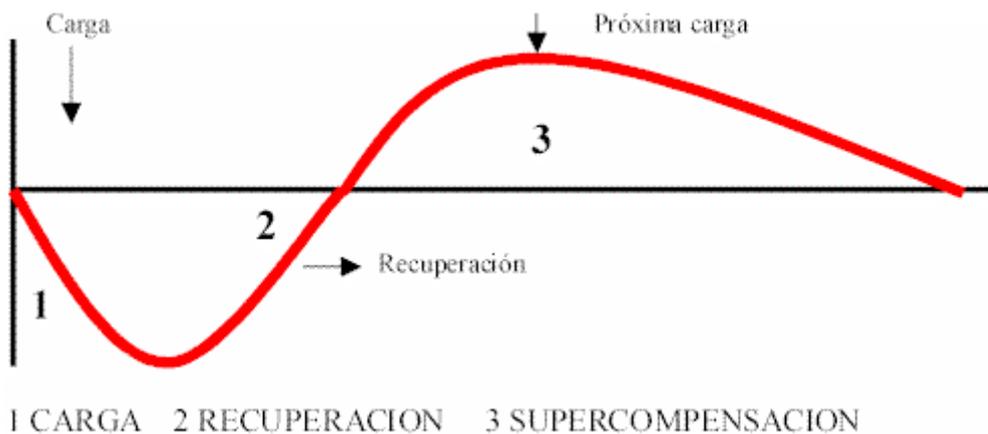
Los mismos cuerpos, ofrecen una resistencia al hecho de modificar su longitud (ser estirados), mediante un aumento de su energía interna (energía potencial elástica). Este tipo de resistencias se ve con mayor énfasis en el curso de Entrenador Personal.

A pesar de que la información puede ser muy extensa y difícil de entender, es necesario tener noción sobre qué tipo de fuerza está actuando sobre nuestro cuerpo, o sobre la pesa (resistencia) a vencer para entender su comportamiento en el espacio.

Entrenamiento y adaptaciones

Está claro que, mediante el uso de segmentos corporales y de acciones musculares voy a desarrollar una fuerza que me permita vencer a otra (resistencia), pero ¿qué pretendo con ello?

La respuesta es más sencilla que la explicación detallada: **la supercompensación.**



Al aplicarse una carga de entrenamiento se produce una fase de disminución del rendimiento, seguida por una fase de recuperación y otra de supercompensación.

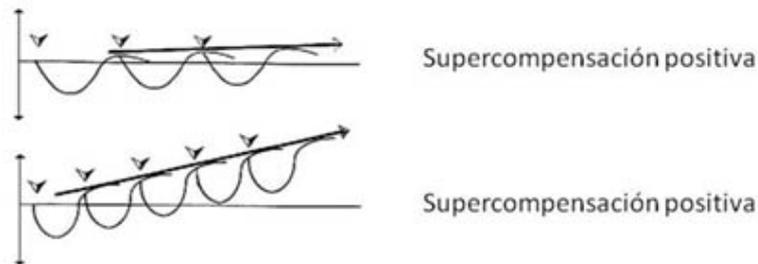
El fenómeno de la mejora deportiva está relacionado directamente con las leyes de la supercompensación y éstas con la aplicación de cargas de entrenamiento y la recuperación.

“La carga y la recuperación deben constituir las dos caras de una misma moneda y saberlas combinar constituye la verdadera ciencia del entrenamiento.”

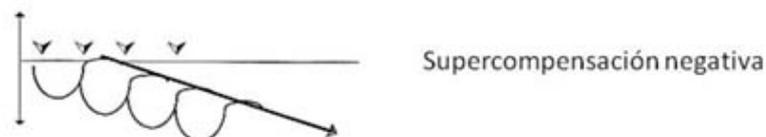
Esta frase tan simple encierra toda la complejidad del proceso de entrenamiento e involucra todos los aspectos pedagógicos, metodológicos y fisiológicos de la planificación del entrenamiento deportivo desde la unidad más pequeña (sesión) hasta la más grande (ciclo plurianual).

Los efectos que una carga de trabajo produce en el organismo, la lucha del mismo por adaptarse y las consecuencias positivas o negativas del proceso deben verse desde el corto plazo inmediato (al finalizar una repetición, serie, sesión, microciclo, o mesociclo) hasta el largo plazo (mesociclo, macrociclo, o distintas etapas del ciclo anual).

La correcta distribución de estímulos de carga:recuperación, hará que nuestro rendimiento presente una gráfica parecida a ésta:



Mientras que si el estímulo llega demasiado pronto, cuando la recuperación todavía no ha concluido, puede ocurrir lo siguiente:



Siendo el resultado un sobreentrenamiento donde, como podemos observar, nuestras capacidades irán a la baja en lugar de al alza.

Las adaptaciones que se producen son de diversa índole y no deben considerarse como aisladas. La supercompensación ocurre cuando hablamos del rendimiento muscular, a pesar de que tampoco podemos aislar la función de un músculo del resto del cuerpo ni estructuras. También en el resto del cuerpo ocurren otras adaptaciones.

La adaptación es un cambio en estructura y en función que sigue al entrenamiento y que capacita al organismo para responder mas fácilmente a los estímulos producidos por el ejercicio físico.

Las mejoras específicas en cada órgano o sistema son:

Sistema cardiovascular:

- Aumento del tamaño y grosor del corazón.
- Aumento del volumen sistólico.
- Aumento del gasto cardíaco.
- Aumento y mejora del riego sanguíneo en los músculos activos (redistribución periférica).

- Mejora de la capacidad de transportar oxígeno y nutrientes a los músculos.
- Aumento de la diferencia arteriovenosa de oxígeno. $Dif (A - V) O_2$

Las arterias llevan sangre rica en oxígeno y las venas transportan sangre pobre en oxígeno.

Por ejemplo:

Una persona entrenada:

Sangre arterial con 10 unidades de oxígeno.

Sangre venosa con 3 unidades de oxígeno.

$10 - 3 = 7$ de diferencia arteriovenosa.

Una persona no entrenada:

Sangre arterial con 9 unidades de oxígeno.

Sangre venosa con 5 unidades de oxígeno.

$9 - 5 = 4$ de diferencia arteriovenosa.

- Disminución de la frecuencia cardíaca tanto en el ejercicio como en reposo, así como los tiempos de recuperación de los valores normales.
- Aumento de los hematíes y la hemoglobina en sangre.
- El contenido de glucosa se mantiene invariable durante el ejercicio.

Sistema respiratorio:

- Mejora la ventilación pulmonar y la difusión de gases en pulmones y tejidos.
- Disminuye el ritmo o ciclos ventilatorios mejorando la intensidad de los mismos (disminuyen de 14–15 a 8–9 los ciclos ventilatorios en reposo).
- Aumenta la capacidad vital.

Sistema endocrino:

- Favorece el crecimiento.
- Mejora de la salud.
- Favorece el rendimiento global del cuerpo.

Sistema nervioso:

- Mejora la coordinación.
- Mejora la capacidad de soportar esfuerzos.
- Mejora la concentración.
- Mejora la calidad y velocidad de los impulsos nerviosos.

Aparato locomotor:

- Favorece el crecimiento.
- Favorece el fortalecimiento de los músculos, huesos y articulaciones.
- Mejora la capacidad que tienen los músculos de aprovechar la energía y soportar esfuerzos.



Ley del Umbral

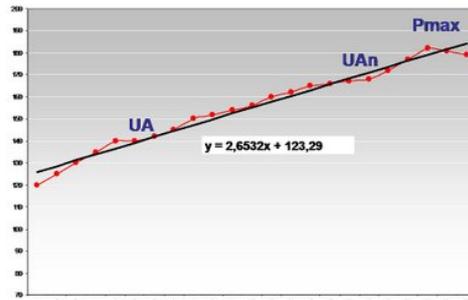
Esta teoría parte de la existencia de un umbral o estímulo mínimo necesario para que se produzca alguna modificación, mejora o adaptación en el organismo. Se trata de una cuestión muy personal y existe también un máximo de tolerancia o punto a partir del cual solo se da la fatiga y el sobreentrenamiento.

Según esta ley, la adaptación se produce como consecuencia de esfuerzos físicos propuestos de forma consecutiva y adecuada para que el organismo los vaya asimilando progresivamente.

- En el primer caso se está muy alejado del umbral por lo que ni se da el entrenamiento ni se producen mejoras.
- En el segundo caso a lo mejor sí que se podría dar el entrenamiento si se repitiera el trabajo varias veces, pero lo que se conseguiría más que nada sería la fatiga y disminución del rendimiento.
- El tercer caso sería el ideal, en el se consiguen mejoras musculares, técnicas, orgánicas,...

- En el cuarto caso no se logra ningún tipo de mejora y nos lleva al sobreentrenamiento y a la fatiga

El límite de tolerancia es el techo del potencial. Es personal porque viene dado genéticamente.



Principios del entrenamiento

- **Principio de la unidad funcional**

El entrenamiento tiene que ser considerado como un todo único que repercute o se aplica a la persona en su globalidad: física, psíquica, intelectual, etc.

Hay que considerar que el organismo funciona como algo inseparable. Cada órgano, aparato y sistema están correlacionados con el otro. De aquí la importancia de prestar atención al desarrollo de los distintos sistemas circulatorio, respiratorio, endocrino, alimentación y de movimiento.

Atendiendo a la unidad del deportista y el trabajo a desarrollar, esto nos va a llevar a los otros principios del entrenamiento.

- **Principios de la generalidad o multilateralidad.**

El entrenamiento debe buscar el desarrollo armónico de todas las cualidades para una vez asentadas las bases, hacer hincapié en una o varias cualidades propias de la especialidad.

Se ha demostrado que todas las cualidades se mejoran más gracias al entrenamiento genérico. Es mucho más fácil acometer un trabajo cuando el deportista posee un bagaje de experiencias motrices básicas, ya que se encuentra en una mejor disposición para afrontar el entrenamiento

específico. Se puede decir que un entrenamiento general garantiza el entrenamiento propio de la especialidad.

- **Principio de continuidad**

Tiene que existir una relación entre esfuerzo y descanso para que la adaptación sea óptima. Tras el esfuerzo el organismo debe recuperarse o restablecerse.

Las interrupciones del entrenamiento (lesión, enfermedad, abandono del entrenamiento, etc.) influyen en el descenso del rendimiento según se haya obtenido. Una mejora de rendimiento rápida, baja rápidamente; una mejora obtenida con un trabajo duradero, tarda más en bajar.

Los descansos son necesarios para la recuperación del organismo, pero éstos deben ser los adecuados:

- Descansos largos no entrenan
- Descansos cortos sobreentrenan
- Descansos proporcionales permiten el fenómeno de la supercompensación.

- **Principio de la progresión o del crecimiento paulatino del esfuerzo.**

El entrenamiento deportivo se basa en el aumento progresivo del esfuerzo conforme va aumentando la capacidad funcional del deportista:

- Si se mantiene una carga de entrenamiento a un nivel determinado, llegará un momento que no se produzca mejora en el organismo del individuo; se crea un estancamiento en el rendimiento del deportista.
- Surge la necesidad de ir presentando cargas externas, cada vez superiores, hasta sollicitaciones próximas a los límites de las posibilidades funcionales (tolerancia), para conseguir adaptaciones.
- El crecimiento paulatino del esfuerzo se basa en el aumento del volumen (factor cuantitativo) y el aumento de la intensidad (factor cualitativo).

- **Principio de la sobrecarga.**

Este principio está relacionado con el anterior, salvo:

- No es suficiente con aumentar progresivamente la carga. Llega un momento que para el organismo se adapte a esfuerzos concretos, debe predominar la intensidad de esfuerzo para activar ciertos metabolismos energéticos y plásticos.

- En los primeros años de entrenamiento, el volumen aumenta progresivamente influyendo enormemente en el rendimiento, pero a medida que mejora el nivel del deportista, la importancia del volumen va disminuyendo, tomando importancia el factor intensidad.

- **Principio de la relación óptima entre la carga y la recuperación.**

Cuando se realizan esfuerzos físicos (carga de entrenamiento o competición), el organismo reacciona con una disminución de su capacidad funcional.

Para Grosser-Zimmermann "los procesos de adaptación dependen de un esfuerzo óptimo y de una fase de descanso óptima".

Atendiendo a esto, tenemos que considerar:

- Los estímulos han de tener una determinada duración e intensificación para provocar unas determinadas adaptaciones.
- La recuperación, dependiendo de los estímulos aplicados y de la capacidad funcional del individuo, deberá tener un tiempo para que en el organismo se produzca una supercompensación.
- Este tiempo depende del tipo de esfuerzo o carga de entrenamiento. Así, por ejemplo, un trabajo de velocidad requiere de una recuperación de 24 horas y un mínimo de 48 horas para que se produzca una supercompensación. En un trabajo de resistencia anaeróbica, la recuperación será de 48 horas y 72 horas para su supercompensación.

- **Principio de la individualidad.**

Cada individuo tiene unas características morfofisiológicas, con una capacidad individuo, un desarrollo físico, una edad, etc.

Si se aplica un estímulo a varios individuos, se observará:

- Cada uno tiene una capacidad de esfuerzo distinta.
- Cada uno tiene una capacidad de adaptación y de recuperación distinta.

De esto surge la necesidad de adaptar los ejercicios y entrenamientos a las condiciones de desarrollo y entrenamiento del sujeto.

Cuando el entrenamiento se va haciendo más específico, y cada deportista tiene que acostumbrarse a unos esfuerzos específicos y de gran intensidad, requiere una estricta individualización.

- **Principio de la estimulación voluntaria o de motivación del deportista.**

Para soportar el entrenamiento es necesario ejercitar la voluntad. Si no hay voluntad o predisposición para hacer las cosas, hay cierto rechazo a la actividad. Si la actitud es positiva, se predispone mejor al organismo a realizar el esfuerzo (motivación).

R. Burke considera que las mejoras a través de la actividad física son más específicas cuando el deportista se estimula voluntariamente.

- **Principio de la especificidad.**

Una vez que se han sentado las bases del entrenamiento general o multifacético, se debe desarrollar las condiciones específicas de acuerdo a las características particulares de cada deporte (condición indispensable).

El principio de la especificidad se basa en el hecho biológico de las modificaciones funcionales y morfológicas de aquellos órganos, sistemas que tienen que aportar la parte principal del esfuerzo (se ven afectados por el esfuerzo).

- **Principio de la transferencia.**

El aprendizaje de ciertos hábitos se ve facilitado por la adquisición de otros. Por ejemplo, en el entrenamiento general, unas cualidades se benefician de otras, pero al llegar al entrenamiento específico, esta relación se convierte según los casos en positiva, negativa o neutra.

Habrà una mejora o influencia positiva siempre y cuando la actividad que se realice tenga una relación con los gestos de la especialidad. Así, se habla de transferencia positiva cuando todos los ejercicios y cargas específicas de un deporte (técnicas) han de corresponder a las particularidades (sobre todo, las características de adaptación) biomecánica, morfológicas y funcionales.

Un ejemplo de influencia negativa sería cuando se quiere mejorar la velocidad en el período específico, se dedica mucho tiempo al trabajo de resistencia aeróbica.

- **Principio de la eficacia.**

Este principio nos plantea: ¿Cuándo consideramos que trabajamos eficazmente? Cuando los medios operativos del entrenamiento fomentan las aspiraciones y posibilidades del deportista capacitándolo para que tenga un buen nivel de rendimiento.

Para que el entrenamiento sea eficaz es necesario considerar los principios vistos hasta ahora. El entrenador debe conocer y saber aplicar los distintos sistemas y métodos de trabajo, así como una perfecta planificación, organización y control del entrenamiento. Sabiendo cuándo y cómo se debe aplicar cada uno.

El entrenamiento deportivo para que sea eficaz debe aplicarse a los esfuerzos de forma adecuada y oportuna, en caso contrario, habrá un estancamiento o descenso del nivel de rendimiento.

Cualquier entrenamiento puede ser ineficaz, cuando el organismo, debido al cansancio o falta de recuperación, es incapaz de dar respuestas al estímulo que incide en él.

Las cualidades físicas básicas

La fuerza

La fuerza es la capacidad neuromuscular que tienen los músculos de contraerse superando resistencias externas o internas, de forma estática o dinámica. Es una cualidad física fundamental que los músculos pueden desarrollar o ejercer de tres maneras diferentes:

- **Sin variar la longitud de las fibras.** A este tipo de contracciones se las denomina ISOMÉTRICAS.
- Con variación de las fibras musculares de modo que son:
 - **ISOTONICAS CONCÉNTRICAS:** cuando el trabajo es positivo, es decir, cuando vencemos una resistencia externa y las fibras musculares se acortan. Por ejemplo: levantar un peso del suelo.
 - **ISOTONICAS EXCÉNTRICAS:** cuando el trabajo es negativo, es decir, nos vence la resistencia o peso con el que trabajamos y las fibras musculares aumentan su longitud. Por ejemplo: soltar o dejar en el suelo un peso.

Para clasificar la fuerza, la mayoría de los autores se apoyan en la ley de Newton:

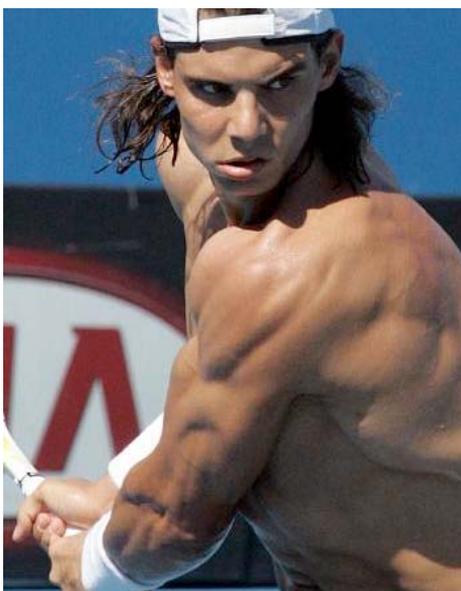
$$F = m \times a$$

Es a partir de esto como enuncian los cuatro tipos de fuerza que existen:

- **Fuerza máxima, absoluta o lenta:** es la capacidad neuromuscular de efectuar la máxima contracción voluntaria estática o dinámicamente. Se trata de la mayor carga que podemos levantar o vencer, que permite una o dos repeticiones a lo sumo. Produce gran fatiga y requiere mucha recuperación. Su velocidad de ejecución es lenta y constante. No es recomendable para trabajar con los niños ya que supone una gran carga para el esqueleto y el aparato locomotor. Por ejemplo: la halterofilia.
- **Fuerza rápida, veloz o potencia:** capacidad neuromuscular de superar con alta velocidad de ejecución o elevada frecuencia una resistencia de tipo medio-alto. Permite de 8 a 12 repeticiones. La recuperación es relativamente rápida (de 3 a 4 minutos). Exige un buen calentamiento previo. Por ejemplo: saltos y lanzamientos en atletismo.
- **Fuerza resistencia o fuerza muscular relativa:** es la capacidad metabólica-muscular de realizar una relevante actividad de fuerza y de mantenerla en el tiempo superando la fatiga. La velocidad de ejecución es media. La carga a vencer no es muy alta. Su recuperación es rápida y el número de repeticiones es elevado.

Por ejemplo: el remo, hacer abdominales, subir un puerto en bicicleta, escalar, patinar,...

- **Fuerza explosiva:** es la capacidad de desarrollar la fuerza máxima en el menor tiempo posible. Se mide en Kg.m/s y se diferencia de la potencia en que la resistencia a vencer es menor, y la aceleración es la máxima posible. Por ejemplo: golpes en fútbol, pelota a mano, tenis, boxeo...



Factores de los que depende la fuerza

- De la sección transversal del músculo: a mayor magnitud de dicha sección, mayor capacidad de fuerza se tiene. Teóricamente, cada centímetro cuadrado de sección muscular posibilita ejercer de 4 a 10 Kg de fuerza.

Esto explica, por ejemplo, la importancia de la hipertrofia muscular de los corredores, ya que la fuerza explosiva es un factor fundamental para la velocidad.

- De la estructura y características de las fibras musculares: aquí se distinguen tres puntos:
 - Disposición anatómica de los músculos: los músculos dispuestos de manera BIPENNIFORME son aquellos que poseen dos orígenes o inserciones proximales y una terminación o inserción distal. Son éstos los más eficaces para desarrollar la mayor fuerza.
 - Tipo de fibra muscular: las fibras blancas o rápidas (FT) son las más fuertes y las que desarrollan más fuerza, mientras que las fibras rojas o lentas (ST) desarrollan menos fuerza.
 - Elongación muscular: es la capacidad que tienen las fibras de estirarse. Las fibras musculares más elásticas posibilitan realizar mas fuerza mediante ejercicios en los que se implique las propiedades viscoelásticas musculares.
- De la eficiencia mecánica: teniendo en cuenta el ángulo de tracción o el tipo de palanca.
- De la intensidad y frecuencia de estimulación nerviosa: a mayor intensidad y frecuencia se desarrolla mayor fuerza.
- Del número de unidades motoras que se consigue activar, lo que se define como coordinación intramuscular.
- De la coordinación óptima en la intervención de músculos sinérgicos, o coordinación intermuscular.
- De los rozamientos internos, que dificultan la contracción concéntrica absorbiendo un porcentaje de la energía desarrollada.
- De la disponibilidad de las reservas energéticas.
- De la edad: el hombre posee la mayor posibilidad de ejercitar la mayor fuerza entre los 20 y los 35 años.

- Del sexo: siendo las mujeres un 30% menos fuertes que los hombres debido a la menor cantidad de masa muscular.
- De otros factores: motivación, alimentación, entrenamiento, doping, fatiga, temperatura,...

La Velocidad

De forma genérica entendemos por velocidad la capacidad de realizar movimientos en el menor tiempo posible. Si hablamos de correr, sería el menor tiempo posible en recorrer un espacio, o espacio recorrido en la unidad de tiempo.



Es una cualidad física fundamental que interviene en la práctica de la mayoría de los deportes. Posee componentes hereditarios como son la fisiología o la morfología, pero es mejorable con el entrenamiento en lo relativo a la coordinación, técnica o potencia-fuerza.

Se encuentra limitada por:

- En el tiempo (15 segundos)
- El agotamiento de los sustratos energéticos (ATP y PC)

Podríamos dividir la velocidad en dos grupos muy importantes, la velocidad de desplazamiento y la velocidad gestual. Por el tipo de curso que estamos haciendo, vamos a centrarnos únicamente en la segunda.

La velocidad gestual es entonces la capacidad de realizar un movimiento segmentario o global en el menor tiempo posible. Depende de:

- El nivel de aprendizaje del gesto (automatización)
- La localización y orientación espacial (plano o dirección de su realización)
- El miembro o segmento utilizado (piernas, brazos,...)
- Aparte de esto algunos autores hablan de velocidad mental, velocidad de base, velocidad-resistencia, velocidad absoluta o máxima y velocidad relativa.

Factores de los que depende la velocidad

- **Factor muscular.** Los músculos, por ser responsables del movimiento, a través de sus contracciones son elementos fundamentales en la velocidad. Influyen aspectos como:
 - el tono muscular
 - la capacidad de elongación
 - la masa muscular
 - la estructura de las fibra
 - tipos de fibras musculares
 - tipo de ramal nervioso: de donde proceden los estímulos. Las fibras blancas suelen ser inervadas por ramales gruesos y las fibras oscuras son inervadas por ramales finos.
 - unidades motoras de contracción rápida y de contracción lenta: las de contracción rápida se encuentran mayoritariamente en los músculos de la cara y desarrollan alta tensión, y las de contracción lenta desarrollan baja tensión.
 - La herencia: es un factor fundamental que condiciona nuestra velocidad.
 - La coordinación muscular: es también fundamental la capacidad de sincronización muscular.
 - El sexo: las mujeres son un 30% menos rápidas debido a que poseen menos fuerza (la velocidad va en función de la fuerza).
 - La edad.

- La envergadura: longitud de nuestros segmentos corporales.
- Otros factores:
 - Alimentación
 - Nivel de entrenamiento
 - Fatiga
 - Motivación
 - Clima
 - Temperatura
 - Raza
 - Altitud sobre el nivel del mar,...

NOTA: la velocidad se desarrolla mucho mejor en altura, se obtienen mejores marcas que a nivel del mar. En altura existe menor presión atmosférica que facilita la carrera y los desplazamientos debido a que se es más ligero. El inconveniente es que hay menos oxígeno. Pero como estos son ejercicios anaeróbicos no tenemos demanda de oxígeno, nos da lo mismo. No da tiempo a que este oxígeno llegue a los músculos, por tanto, este inconveniente no es relevante.

La flexibilidad



La flexibilidad es aquella capacidad física fundamental que permite o posibilita realizar movimientos con la máxima amplitud o extensión en una articulación determinada. También es la cualidad que, con base en la movilidad articular y en la extensibilidad muscular, permite el máximo recorrido de las articulaciones en posiciones diversas, posibilitando al sujeto que las realiza practicar acciones deportivas que requieren habilidad y destreza.

Es importante trabajarla ya que muchas especialidades deportivas requieren amplitudes máximas de movimiento, ya que el trabajo de flexibilidad previene lesiones musculares, facilita la coordinación e incluso puede servir para aprovechar las energías mecánicas internas.

Hay que tener en cuenta también que un trabajo en exceso o mal realizado de la flexibilidad favorece las luxaciones articulares y pueden provocarse arrancamientos o deformaciones óseas. Del mismo modo, la flexibilidad de un sujeto debería estar en perfecta armonía con su fuerza y con su propiocepción, para evitar el problema de excesivas torceduras, articulaciones hiperlaxas y sin una fuerza muscular que pueda contestar a todas esas inestabilidades.

Factores de los que depende la Flexibilidad

Factores biológicos o intrínsecos:

- La flexibilidad depende de la movilidad articular y de la elongación o elasticidad muscular. Las articulaciones poseen un grado de movilidad diferente según el tipo, como ya explicamos anteriormente:
 - DIARTROSIS: con máxima movilidad como por ejemplo el carpo.
 - ANFIARTROSIS: con movilidad limitada como por ejemplo los dedos.
 - SINARTROSIS. Sin movilidad como el cráneo.
- La fuerza de la musculatura agonista que separa los segmentos corporales en los movimientos activos, por ejemplo, una patada de karate.
- La herencia
- La raza
- La edad: cuanta más edad menos flexibilidad tenemos. Esta es la única cualidad física que se va perdiendo nada mas nacer, lo único que podemos hacer es prevenir que desaparezca tan pronto.
- El sexo: las mujeres son más flexibles que los hombres.
- El nivel de coordinación muscular, en especial la capacidad de distensión de la musculatura antagonista, por ejemplo, lanzar una patada de karate

Factores extrínsecos:

- La hora del día, siendo las horas centrales las más favorables

- El tipo de actividad cotidiana (tipo de trabajo que se tenga). Un trabajo sedentario no es favorable para la flexibilidad
- La modalidad deportiva practicada
- El cansancio muscular, un músculo cansado es más laxo
- El clima, en climas cálidos se posee más elasticidad
- La temperatura ambiental y muscular: un músculo caliente es más elástico
- El nivel de entrenamiento.
- Factores emocionales y estímulos externos: a mayor ansiedad mayor tono muscular, a mayor músculo mayor tensión, a mayor tensión menos flexibilidad.

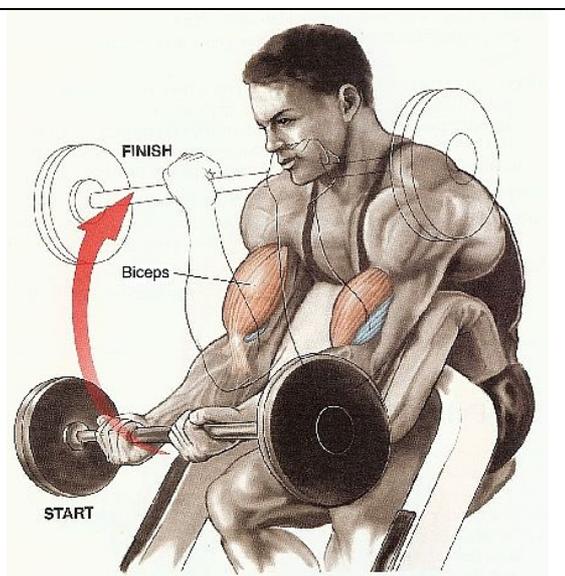
La Resistencia

La resistencia sería aquella cualidad física que nos permite llevar a cabo un trabajo durante un tiempo prolongado. Normalmente se asocia “resistencia” a la resistencia cardiovascular, de la que derivan dos tipos que veremos en el siguiente bloque, pero también es posible hablar de una resistencia muscular específica, que sería la capacidad de tolerancia de un determinado grupo muscular a un determinado tipo de trabajo.

Análisis de un ejercicio

Curl de bíceps

- Posición sujeto
- Plano
- Eje
- Movimiento
- Grados de ROM
- Músculo implicado
- Músculos auxiliares (sinérgicos)
- Músculos antagonistas
- Tipo de carga



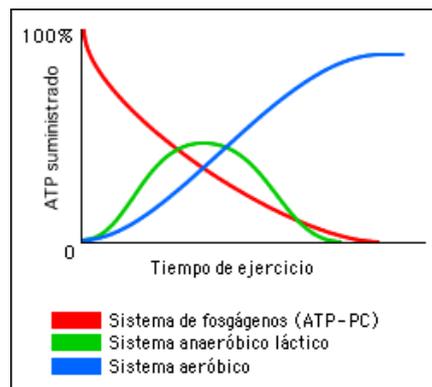
Bloque 2

Parte 1: Entrenamiento

Vías energéticas en la actividad física

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

- **Sistema anaeróbico aláctico o de los fosfágenos:** Conversión de las reservas de alta energía de la forma de fosfocreatina (PC) y ATP
- **Sistema Anaeróbico láctico, glucólisis anaeróbica o sistema glucógeno-lactato:** Generación de ATP mediante glucólisis anaeróbica
- **Sistema Aeróbico o sistema oxidativo:** Metabolismo oxidativo del acetil-CoA

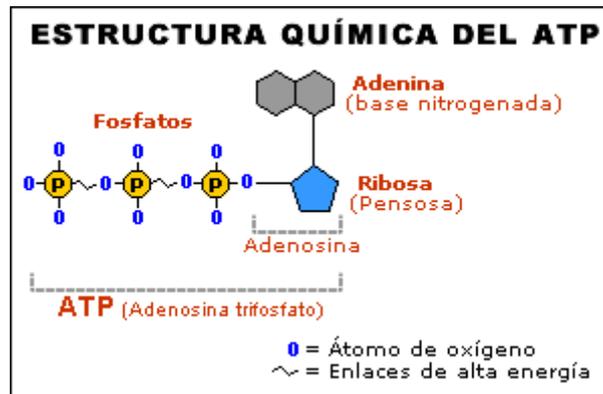


Los sistemas energéticos funcionan como un continuo energético (gráfico de arriba). Se puede definir a éste como la capacidad que posee el organismo de mantener simultáneamente activos a los tres sistemas energéticos en todo momento, pero otorgándole una predominancia a uno de ellos sobre el resto de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

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

Así, en actividades de potencia (pocos segundos de duración y de elevada intensidad) el músculo utilizará el llamado sistema de los fosfágenos (ATP y fosfocreatina); para actividades de alrededor de 60 segundos de duración a la máxima intensidad posible, utilizará preferentemente las fuentes de energía glucolíticas no oxidativas (metabolismo anaeróbico), mientras que para actividades de más de 120 segundos, el sistema aeróbico (metabolismo aeróbico) será el que soporte fundamentalmente las demandas energéticas.

Sistema anaeróbico aláctico o sistema del fosfágeno



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

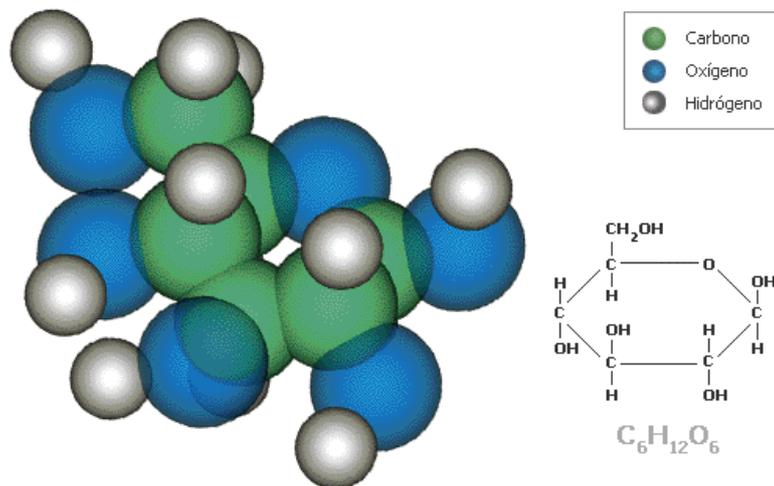
Se le denomina aláctico porque no tiene acumulación de ácido láctico. El ácido láctico es un desecho metabólico que produce fatiga muscular.

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

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

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

Sistema anaeróbico láctico o glucólisis anaeróbica



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

El sistema anaeróbico láctico está limitado por las reservas intramusculares de glucógeno como sustrato energético. Esto significa que el combustible químico para la producción de ATP es el glucógeno almacenado en el músculo. Este sistema energético produce menos energía por unidad de sustrato (menos ATP) que la vía aeróbica y como producto metabólico final se forma ácido láctico que ocasiona una acidosis que limita la capacidad de realizar ejercicio produciendo fatiga.

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

Sistema anaeróbico aláctico	Sistema anaeróbico láctico
<ul style="list-style-type: none">• Actúa sin recibir oxígeno o en una cantidad inapreciable• No produce ácido láctico	<ul style="list-style-type: none">• Actúa sin recibir oxígeno• Se produce ácido láctico, provocando fatiga y

<ul style="list-style-type: none"> • Utiliza la propia energía del músculo • La duración del esfuerzo de alta intensidad es de 0 a 15 - 20 segundos • Aparecen dos vías: <ul style="list-style-type: none"> ○ ATP (dura 2 - 3 segundos) ATP ---> ADP + P + Energía ○ ATP + CP (dura de 2 a 15- 20 segundos) ADP + CP ---> ATP + C 	<p style="text-align: right;">disminuyendo la función celular</p> <ul style="list-style-type: none"> • La duración del esfuerzo de alta intensidad varía de 15 - 20 segundos a 2 minutos • Se produce por degradación (lisis) del glucógeno (gluco) del músculo o de la glucosa proveniente del hígado, en ácido láctico (glucólisis) • Vía: <ul style="list-style-type: none"> ○ ATP + carencia de O₂ ---> ácido láctico
---	--

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

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

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

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

Sistema aeróbico u oxidativo



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

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

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

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

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

Sistema	Tiempo de Predominancia	Intensidad	Combustible
Anaeróbico aláctico	0" - 30"	Alta: 90-100%	Fosfocreatina (PCr) y ATP
Anaeróbico láctico	30" - 60"	Alta-media: 80-90%	Glucógeno
Aeróbico	más de 120"	Media-baja: hasta el 75%	Hidratos de carbono, grasas y proteínas

Factores que modifican la FC

- Edad. Afecta a la FC máx (220 - edad)
- Sexo. La FC es mayor en mujeres que en hombres debido al menor número de hematíes.
- Grado de entrenamiento: A mayor entrenamiento menor número de pulsaciones. IR2: índice de recuperación en el segundo minuto: $(FC \text{ máx} - FC \text{ 2}^\circ \text{ minuto}) / (FC \text{ máx teórica} - FC \text{ máx real})$. A mayor IR2 más aeróbico es el sujeto. El IR2 aumenta con los años de entrenamiento.
- Tipo de ejercicio: A mayor masa muscular utilizada mayor es la FC. Los músculos pequeños hacen latir más deprisa el corazón.
- Condiciones ambientales:
 - A mayor temperatura mayor es la FC
 - A mayor humedad mayor es la FC
 - Hora
 - Presión parcial de O₂. La altura aumenta la FC.
- Condiciones patológicas:
 - La FC aumenta con la anemia
 - La FC aumenta en convalecientes
 - La FC aumenta en valvulopatías
 - La hipertensión hace aumentar la FC
 - Los bloqueos auriculoventriculares disminuyen la FC

Adaptaciones cardiovasculares al ejercicio

Pueden apreciarse tanto en reposo, como en ejercicio máximo y submáximo.

Adaptaciones en el corazón:

- Morfológicas
 - Aumento de la masa cardiaca
 - Aumento del grosor de las paredes ventriculares (hasta 13 mm de septo)
 - Aumento del diámetro de las cavidades.
 - Aumento del índice cardioracico (separación entre pulmones) de 10 a 15 cm
 - Crecimiento del ventrículo izquierdo

- Funcionales
 - En reposo: Disminución de la FC (bradicardia sinusal) y aumento del VS
 - En ejercicio submáximo: Disminución de la FC (bradicardia sinusal) y aumento del VS.
 - En ejercicio máximo: No se observan variaciones en la FC y sí un aumento del VS.
 - Bloqueo auriculo-ventricular de 1º grado (normal)
 - Alteraciones de la repolarización (onda T vagotónica) (normal)
 - Bloqueo incompleto de rama derecha (normal)

Adaptaciones en deportes de resistencia



Son reversibles

- Bradicardia sinusal (en dos semanas)
- Aumento del volumen de las cavidades cardíacas y de sus espesores.
- Aumento del VS
- Aumento de la densidad capilar miocárdica (mayor número de capilares por fibra y mayor capacidad de dilatación de estos)
- En el metabolismo cardíaco.
 - Disminución del uso de sustratos y del VO_2
 - Aumento de la capacidad de aclaramiento del lactato a altas intensidades.

Adaptaciones en deportes de potencia

En ellos, el corazón se somete a una considerable carga de presión en muy poco tiempo. En estudios longitudinales se observan pequeñas modificaciones de las dimensiones cardíacas, un engrosamiento de las paredes sin dilatación de las cavidades, lo que son llamadas hipertrofias concéntricas cardíacas.

Ventilación pulmonar

Objetivos de la respiración

- Suministro de O_2 a los tejidos
- Eliminación de CO_2 de los tejidos

La ventilación permite que la presión alveolar de O_2 se mantenga constante en 105 mm de Hg y que el O_2 se mueva desde los alvéolos a la sangre para su distribución por los tejidos. Además, la presión parcial de CO_2 se mantiene baja en los alvéolos (40 mm) para que pueda eliminarse.

La velocidad y profundidad de la ventilación influyen sobre la cantidad de O_2 y CO_2 que se intercambian entre el organismo y la atmósfera.

La función de la respuesta pulmonar al ejercicio es el control homeostático de la concentración de gases en la sangre para minimizar el posible coste fisiológico del ejercicio que se este realizando.

Funciones del sistema respiratorio en los tejidos

- Contribuir a oxigenar tejidos y disminuir el grado de acidez
- Mantener bajas las resistencias vasculares pulmonares
- Minimizar el paso de H₂O al espacio intersticial pulmonar.

Ventilación minuto

Supone el volumen corriente multiplicado por la frecuencia respiratoria.

En reposo es 0,5 litros x 12 resp/min = 6 litros / minuto

En ejercicio es 2 litros x 70 resp/min = 140 litros / minuto, de los que no pueden aprovecharse todos por el espacio muerto que no tiene capilares.

Ventilación alveolar

$$(V_c - V_d) \times FR = 4200 \text{ ml}$$

Índice ventilación perfusión (V/Q)

Es el índice de los litros de aire que llegan al pulmón partido por los litros de sangre, en reposo ronda los 0,8, un índice poco eficiente ya que en zonas apicales llega poca sangre.

Índice VE / VO₂

Conocido como equivalente de O₂, es un índice indirecto de eficiencia pulmonar. Del reposo a VT₁ desciende, y en VT₁ empieza a aumentar, mientras que en VT₂, sufre una deflexión positiva, al disminuir el O₂ en el aire expirado, al quedarse en el músculo.

En ejercicio la VE (intensidad de la perfusión regional) se hace más uniforme en todo el pulmón. Suponiendo un aumento de la perfusión en las zonas apicales que en general en reposo son zonas más ventiladas

Respuestas de la ventilación al ejercicio

Ejercicio de carga constante

- Aumenta bruscamente en la fase I. A intensidad moderada la VE aumenta de forma lineal al VO_2 y a la producción de CO_2
- Sigue aumentado, pero de forma más lineal en la fase II. El aumento de la VE se debe al aumento del volumen corriente más que al aumento de la frecuencia respiratoria.
- Se estabiliza en la fase III. A altas intensidades se instaura una situación de acidosis metabólica. La relación VE / VCO_2 se hace curvilínea y la VE aumenta a expensas de la frecuencia respiratoria.

Ejercicio de carga incremental

La VE aumenta de forma lineal respecto al VO_2 hasta intensidades de ejercicio correspondientes al 50-60% del VO_2 máx. A partir de entonces la VE aumenta desproporcionadamente a expensas de la frecuencia respiratoria (umbral ventilatorio de Wassermann)

Factores implicados:

- Regulación de la acidosis (glucólisis anaeróbica tamponada por Buffer)
El buffer hace salir CO_2 , motivo por el cual aumenta la frecuencia respiratoria.
- Aumento de la temperatura corporal (+ 1 °C) Se produce una taquipnea por estímulo del centro respiratorio (mecanismo termorregulador)
- Aumento de las CA. El simpático activa el central.



Durante la recuperación

- La VE desciende bruscamente al cesar la activación motora al desaparecer el estímulo nervioso desde los receptores localizados en músculos y articulaciones.
- El descenso de la VE se va haciendo más gradual hasta los valores de reposo.

Respuestas ventilatorias en circunstancias especiales

- Ejercicio en altura
 - Respuesta aguda: La VE se eleva por encima de los valores obtenidos al nivel del mar para la misma carga de trabajo. La hipoxia estimula el centro respiratorio
 - Respuesta crónica: La VE sigue elevada, pero de forma más eficiente al aumentar la excreción de bicarbonato al perder capacidad buffer, tamponándose por menos tiempo el lactato.
- En altas temperaturas: Ambientes húmedos y calurosos producen taquipnea, a expensas de la frecuencia respiratoria
- Contaminación ambiental: también produce taquipnea.

Adaptaciones en la ventilación con el entrenamiento

En ejercicios máximos

- Aumenta la fuerza de los músculos respiratorios, con el consiguiente aumento de la VE máx.
- Aumenta la resistencia de los músculos respiratorios, con el consiguiente aumento de la VE máx.
- La sensibilidad respiratoria a la hipoxia es menor.
- La respuesta a la hipercapnia (aumento de CO₂) es menor. Los atletas toleran mejor los aumentos de la presión parcial de CO₂ y disminuciones de la pp. de O₂ a altas intensidades.

En ejercicios submáximos

Después de 4 semanas de entrenamiento

- Disminuye la VE/VO₂ por:
 - Disminución de fatiga de músculos respiratorios
 - Queda más O₂ para los músculos en ejercicio.
- El entrenamiento a cargas submáximas cambia el patrón ventilatorio
 - Aumenta el volumen corriente (el aire inspirado se mantiene más tiempo en los pulmones entre respiración y respiración y la cantidad de O₂ extraído es mayor)
 - Disminuye la frecuencia respiratoria

Consumo de O₂

El consumo de O₂ se conoce también como VO₂ y es el parámetro fisiológico que expresa la cantidad de oxígeno que consume el organismo.

El VO₂ se puede expresar de dos formas:

- Expresión relativa: Con relación al peso; ml/kg/minuto
- Expresión absoluta: ml/minuto

Asimismo la valoración también se puede realizar de dos maneras:

- Medición directa: Mediante analizador de gases.
- Estimación indirecta: mediante tests basados en hechos fisiológicos.

Los dos tipos de mediciones cuantifican el metabolismo energético, que se entiende como la transformación de energía química proveniente de los alimentos en energía mecánico-muscular.

$VO_2 = Q$ (gasto cardiaco o volumen minuto) \times $D(a-v)O_2$ (diferencia arteriovenosa en contenido de O_2)



Factores que inciden en el VO_2

- Concentración de O_2 en el aire ambiental
- Permeabilidad de la vía aérea
- Índice ventilación/perfusión
- Difusión alveolar
- Volumen sistólico y frecuencia cardiaca
- Sistema venoso
- Sistema arterial
- Diferencia a.v de O_2
- Número de hematíes y concentración de hemoglobina
- Redistribución vascular
- Capilarización
- Masa mitocondrial
- Sistema enzimático oxidativo

Concepto de MET

El MET es una unidad metabólica equivalente a 3,5 ml de O_2 /kg/min y es el gasto energético que precisa un organismo para mantener sus constantes vitales. Suele coincidir con el metabolismo basal (O_2 consumido en reposo absoluto)

VO₂ submáximo

El VO₂ submáximo es un índice muy válido para establecer una economía energética, ya que para la misma intensidad es mejor disponer del VO₂ más bajo.

VO₂ máximo

El VO₂ máximo (en adelante VO₂máx) puede compararse con la cilindrada de un coche. Es un índice muy fiable de la capacidad de un deportista de fondo, aunque no el determinante final de su rendimiento. Definiremos VO₂max como la máxima cantidad de O₂ que el organismo puede absorber, transportar y consumir.

El VO₂max no es medible ni aceptable en sus valores para edades no adultas

Factores limitantes del VO₂

- Cantidad de O₂ en aire
- Sistema Pulmonar
- Bomba cardiaca
- Capilarización muscular
- Arterias y venas

$$VO_2 = Q * D (a-v)O_2$$

Q: gasto cardiaco = VS * FC
D(a-v) diferencia arteriovenosa

Respuesta de O₂ al ejercicio

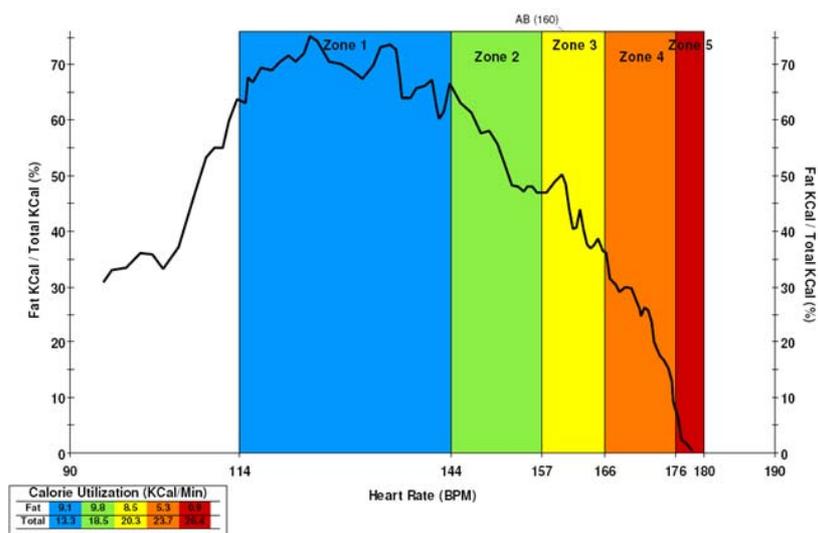
- Ante el ejercicio incremental sube y establece una meseta que corresponde con el VO₂ max
- Ante el ejercicio de carga estable. El VO₂ se estabiliza tras una ligera subida.

Criterios de maximidad de prueba

- Meseta de VO_2 . Si esta no es muy clara podemos entender como meseta la subida de menos de 150 ml/min en dos cargas consecutivas.
- $\text{RER}=1$
- Alcanzar la máxima frecuencia teórica.
- Alcanzar mas de 8 mMol/mm³

Se dice que la prueba si es máxima si cumples menos 3 de los 4 criterios.

Factores de los que depende el VO_2



- Carga genética en un 70%
- Aumenta con el peso y el pico de altura alcanzando un máximo entre los 18-25 años
- Se deteriora por la ausencia de ejercicio a razón de un 1% por década
- Mayor en hombres que en mujeres
- A mayor músculo mayor VO_2

Factores limitantes del VO_2

- Patologías

- Concentración de O₂ en aire atmosférico
- Extracción de O₂ (factor periférico). Debe existir una correcta disociación de la Hb, existir un paso correcto del O₂ por el endotelio del capilar, pasar por la membrana del músculo, transportar bien el O₂ la mioglobina y favorecer el paso a las mitocondrias.
- Sistema cardiovascular (factor central) Tiene reserva para llegar hasta los 30 litros, pudiendo existir el límite en la bomba o en la transportación hacia el músculo.

El entrenado presenta el factor central como limitante

Algunos valores de VO₂máx.

Hombres sedentarios	35-45 ml/kg/min
Mujeres sedentarias	30-40 ml/kg/min
Esquí de fondo (hombres)	94 ml/kg/min
Esquí de fondo (mujeres)	75 ml/kg/min
Corredores (varones)	80 ml/kg/min
Ciclistas (varones)	74 ml/kg/min
Corredores (mujeres)	65 ml/kg/min

Umbrales

El umbral significa en fisiología el paso de un metabolismo a otro. Wasserman definió umbral anaeróbico en 1964 como el paso entre zona aeróbica y anaeróbica, entendiéndola como la intensidad e trabajo a partir de la cual se empieza a generar ácido láctico.

A través del RER (índice de CO₂/O₂) sabemos indirectamente que sustrato esta usando, pero no podemos determinar de forma precisa el umbral, aunque sabemos que superados los valores próximos a la unidad el organismo ha empezado a demandar glucosa. Mientras que por debajo de la unidad se esta utilizando grasa como sustrato energético.

En 1967 Wasserman lo definió como zona umbral, y lo entendió como un aumento desproporcionado de la respiración respecto al VO₂ y a la producción de lactato.

Bibliografía

- Michael J. Alter, Roger Apolinaire y otros: **Enciclopedia general del ejercicio**; Editorial Paidotribo. 1990.
- Rolf Wirhed. **Habilidad atlética y anatomía del movimiento**
- J. López Chicharro, A. Fernández Vaquero; **Fisiología del ejercicio**; Panamericana. 2001.
- Verjoshanski, I.V.: Entrenamiento **deportivo. Planificación y programación**. Barcelona: Ediciones Martínez Roca, 1990.
- Zintl, F.: **Entrenamiento de la resistencia**. Barcelona: Ediciones Martínez Roca, 1991.
- Grosser, M.: **Entrenamiento de la velocidad. Fundamentos, métodos y programas**. Barcelona: Ediciones Martínez Roca, 1992
- Gerard J. Tortora y Bryan H. Derrickson; **Principios de Anatomía y Fisiología**; Panamericana
- C. Génot; Kinesioterapia
- Domingo Sánchez; **Ultimate Personal Trainer**
- Documentación Universitat de les Illes Balears (UIB); Diplomatura en fisioterapia.