

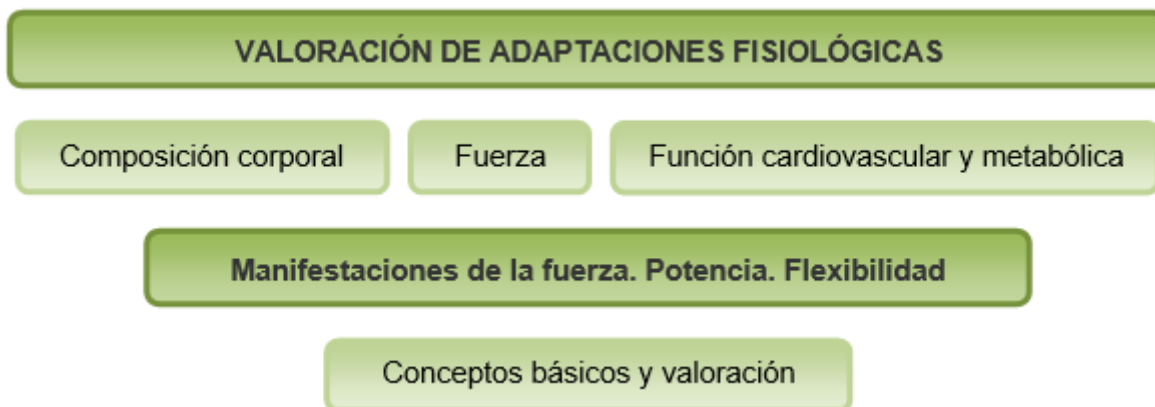


**Enseñanzas Deportivas de
Régimen Especial (EDRE)
TÉCNICO DEPORTIVO CICLO
SUPERIOR
Contenidos**

**Factores fisiológicos del alto rendimiento
El sistema neuromuscular. Adaptaciones tras el
entrenamiento**

Introducción

El presente tema aborda brevemente las principales adaptaciones al entrenamiento y su valoración. El siguiente esquema pretende ser una guía del mismo.



Mapa conceptual
Imagen de elaboración propia

1. Valoración de las adaptaciones fisiológicas al entrenamiento. Diferencias por razón de sexo



Wilmore y Costill (2007) proponen que la función fisiológica básica en reposo y durante el ejercicio cambia sustancialmente con el entrenamiento. A continuación vamos a realizar un repaso de las principales adaptaciones fisiológicas que se producen con el entrenamiento y las posibles diferencias entre hombres y mujeres en esas adaptaciones.

Composición corporal

Se ha comprobado cómo con el entrenamiento de fuerza tanto hombres como mujeres experimentan cambios en su composición corporal, tales como pérdida de masa corporal total, pérdida de masa grasa y ganancia de masa magra. En este sentido es importante destacar que las mujeres generalmente ganan mucha menos masa magra que los hombres.

Fuerza

Hasta hace poco se pensaba que la fuerza no se podía programar en niños y mujeres, ya que no se los creía capaces de desarrollar fuerza (en sus diferentes manifestaciones), mientras que con los hombres sí se había demostrado (en función de su entrenamiento) una mejora en las diferentes manifestaciones de la fuerza (hipertrofia, máxima...). No obstante, se ha demostrado que las mujeres pueden experimentar importantes aumentos de fuerza (del 20 al 40%) como consecuencia del entrenamiento resistido, y que la magnitud de estos cambios es similar a la observada en hombres.

Función cardiovascular y respiratoria

El entrenamiento de la capacidad cardiorrespiratoria va acompañado de importantes adaptaciones cardiovasculares y respiratorias, que no se ha demostrado que puedan depender del sexo en cuestión, sino de las características del entrenamiento. Así, Garber et al. (2011) nos señalan los siguientes cambios en la función cardiorrespiratoria:

- En el sistema respiratorio observamos una adaptación en cuanto al volumen del individuo: el volumen pulmonar hace referencia a la capacidad pulmonar máxima de llenado de los pulmones (aumento en el volumen inspiratorio).
- Aumento del tamaño físico del corazón, es decir, se amplía y fortalece permitiendo funcionar de forma más fácil y con menor frecuencia, bombeando más sangre a los tejidos.
- Aumentan el número de capilares, los glóbulos rojos y la hemoglobina en funcionamiento.
- Aumentan la ventilación pulmonar y el consumo de oxígeno durante ejercicios de máxima intensidad.
- Aumento del área de intercambio de sustancias en los capilares y de la difusión de oxígeno por la membrana.
- Incremento del consumo máximo de oxígeno.
- Importantes cambios en el gasto cardíaco máximo.

Función metabólica

Se ha estudiado cómo con el entrenamiento las mujeres experimentan el mismo aumento relativo de VO_2 máx que el que se ha observado en los hombres. Se sabe que los niveles de lactato disminuyen, aumentando el umbral de lactato. El entrenamiento de fondo, además, provoca cambios en la utilización de sustratos, mejorando la capacidad de uso de ácidos grasos.

Como conclusión podríamos indicar que (salvo alguna excepción) las mujeres responden al entrenamiento de la misma manera que los hombres.

2. Modificaciones hormonales con el entrenamiento de la fuerza



El sistema endocrino forma una parte importante en el complejo de la manifestación y cambios a corto y largo plazo en la producción de fuerza y el sistema neuromuscular.

Las hormonas son mensajeros químicos que se sintetizan y almacenan y son liberados por glándulas endocrinas, además de por otras células especializadas. Las razones de la importancia del sistema hormonal son que:

Importante

- Las hormonas anabolizantes (por ejemplo: testosterona u hormona del crecimiento) tienen efectos de modelación de las fibras musculares a nivel metabólico y celular, similares a los observados en el músculo después del entrenamiento de fuerza.
- Durante las sesiones de entrenamiento de fuerza existe un aumento de las hormonas anabólicas, como las T, GH e IGF-1, consecuencia de una mayor utilización por el tejido muscular.
- Se observa que las mejoras y/o pérdidas de producción de fuerza durante la actividad física crónica se acompañan de un aumento de las tasas basales de hormonas anabólicas (T, GH) y/o de un descenso de las tasas de hormonas catabólicas, como el cortisol.

El proceso de adaptación general fue resumido por Kramer (1990), tal y como se muestra en la figura 1.

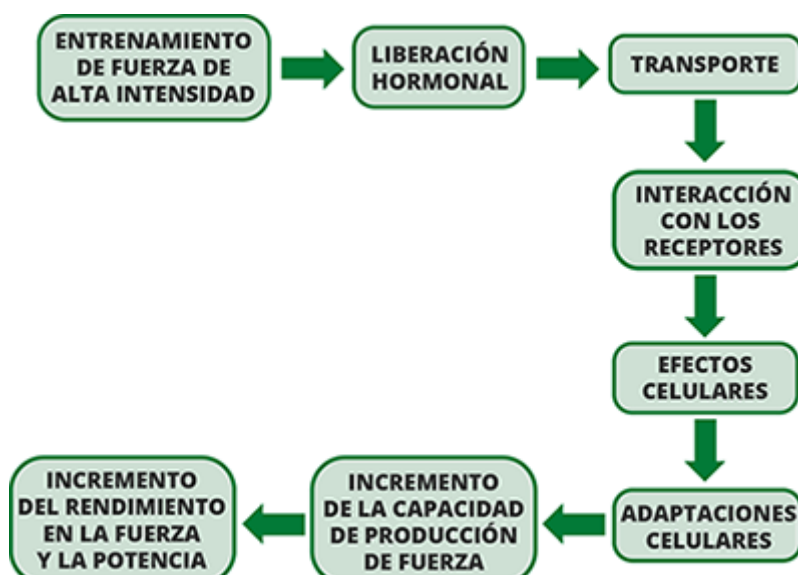


Figura 1. Proceso de adaptación (Kramer, 1990).

Imagen de elaboración propia

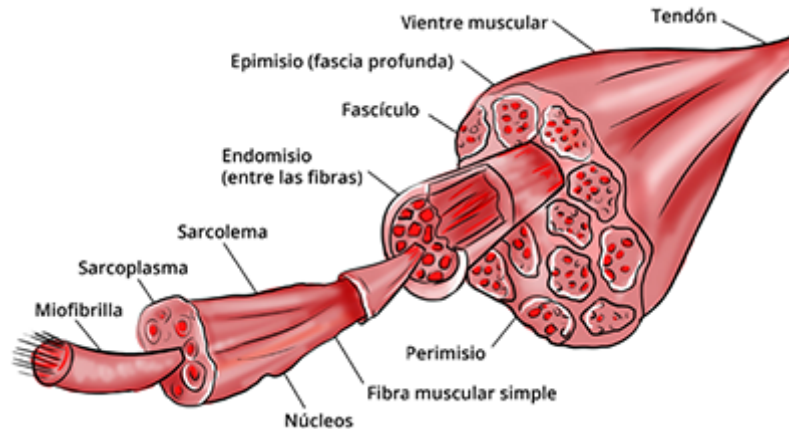
Cuando se realiza una sesión aguda de entrenamiento de la fuerza, se produce una fuerte liberación de hormonas a la sangre. Esto permite que interactúen con los receptores celulares específicos. De este modo, el entrenamiento de sobrecarga parece ser anabolizante, y favorece los procesos de reparación y remodelación de tejidos.

Las modificaciones hormonales varían de acuerdo con la intensidad, el volumen y el tiempo de pausa utilizado durante el entrenamiento.

3. La fibra y la miofibrilla muscular: características y tipos



La característica fundamental de los músculos es su capacidad de contracción, hecho que permite producir movimiento en todas las partes del cuerpo. La *fibra muscular* es una célula con capacidad de contracción y de la cual está compuesto el tejido muscular.



Fibra muscular.

Imagen de elaboración propia

Cada fibra muscular individual contiene entre varios centenares y varios miles de *miofibrillas*. Estas son los elementos contráctiles de los músculos esqueléticos y aparecen como largos filamentos de subunidades todavía más pequeñas: las *sarcómeras*.

Importante

Una célula muscular aislada recibe el nombre de fibra muscular.

Las fibras musculares no son iguales, pudiendo tener un mismo músculo esquelético dos tipos de fibras principalmente. En la tabla I se recogen los principales sistemas de clasificación, así como algunas de las características de la fibra muscular:

Tabla I. Clasificación de los tipos de fibra muscular.

Clasificación de las fibras			
Sistema 1	Contracción lenta	Contracción rápida A	Contracción rápida B
Sistema 2	Tipo I	Tipo II A	Tipo II B
Sistema 3	OL	GOR	G
Características			

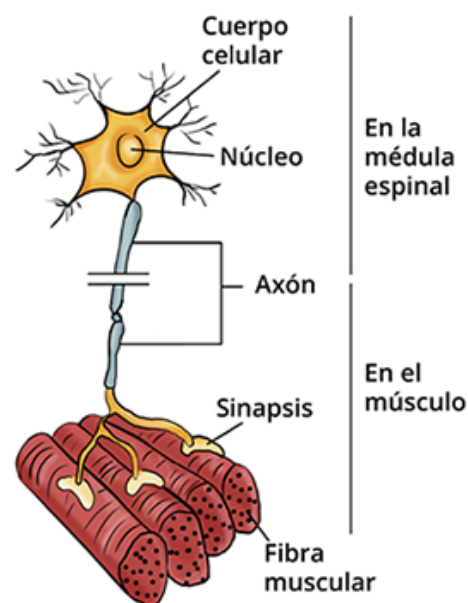
Clasificación de las fibras

Capacidad oxidativa	Alta	Moderadamente alta	Baja
Capacidad glucolítica	Baja	Alta	La más alta
Velocidad contráctil	Lenta	Rápida	Rápida
Resistencia a la fatiga	Alta	Moderada	Baja
Fuerza de la unidad motora	Baja	Alta	Alta

Cada fibra muscular está inervada por un solo nervio motor, que finaliza cerca de la mitad de la fibra muscular. El único nervio motor y todas las fibras musculares a las que inerva reciben el nombre de *unidad motora*. Esta sinapsis entre un nervio motor y una fibra muscular se denomina *unión neuromuscular*. Es el lugar donde se produce la unión entre los sistemas nervioso y muscular.

Las características morfológicas de las α -motoneuronas y su distribución a nivel medular son variables: existe una relación directa entre el número de fibras musculares que componen una unidad motora y el tamaño de las α -motoneuronas que la inervan.

En cada actividad participan motoneuronas específicas, según la zona del cuerpo implicada, la fuerza desarrollada, el tipo de fibra muscular y el movimiento a realizar.



Unidad motriz.
Imagen de elaboración propia

Importante

Una unidad motora consta de una sola neurona motora y de todas las fibras musculares a las que abastece.

<https://www.youtube.com/embed/vK-2N4nTFow>

Hipertrofia. Teoría y práctica, conocimientos y rutina ejemplo.

Video publicado por JMX Calisthenics alojado en [Youtube](#)

5. La 1RM: concepto, características e identificación



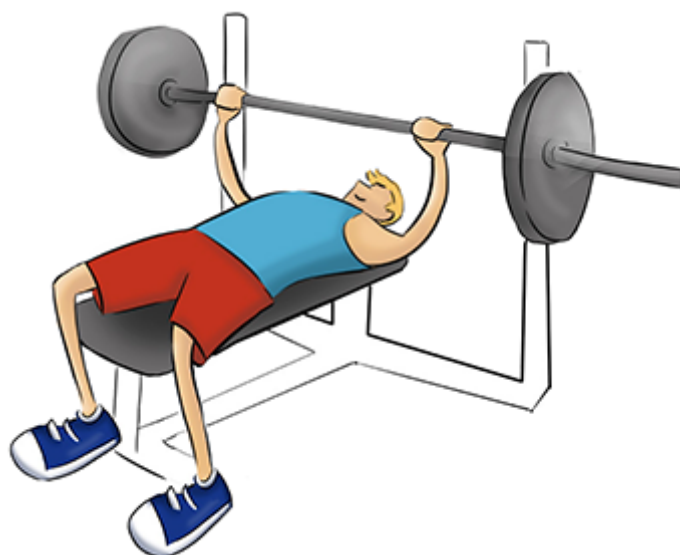
El método de valoración de *una repetición máxima* (1RM) es uno de los más aceptados y utilizados para evaluar la fuerza y la potencia.

Importante

En esencia, la 1RM de una persona para un ejercicio específico es la cantidad máxima de peso que esa persona puede levantar en no más de una repetición completa de ese ejercicio.

Los protocolos de 1RM relacionados con las evaluaciones de fuerza también pueden aplicarse a los ejercicios de potencia. Las técnicas y los procedimientos para realizar la prueba son exactamente iguales a los utilizados para evaluar la fuerza. La única diferencia radica en la manera de realizar el ejercicio.

Los ejercicios de potencia se realizan de forma balística, con un intento de mover el peso tan rápido como sea posible, mientras que las repeticiones efectuadas durante las evaluaciones de fuerza son más lentas, con buen control del peso a lo largo de toda la amplitud de movimiento del ejercicio.



Ejercicio de potencia.
Imagen de elaboración propia

6. Fuerza isométrica máxima: concepto, características e identificación



La *fuerza isométrica máxima* es la máxima fuerza que el sistema neuromuscular es capaz de ejercer con contracción voluntaria contra una resistencia insuperable. También conocida como fuerza máxima estática. El pico máximo de fuerza que se mide cuando no hay movimiento es el valor de fuerza isométrica máxima o fuerza estática máxima.

Si se cuenta con los instrumentos adecuados, la medición de esta fuerza dará lugar a la curva fuerza-tiempo isométrica o estática. Esta fuerza se mide en newtons, ya que la medición de la fuerza isométrica máxima en kilogramos como la menor resistencia que sería imposible desplazar, aparte de ser muy imprecisa, no aportaría información sobre la fuerza producida.

7. Potencia muscular máxima: concepto, características e identificación



La *potencia muscular máxima* o potencia anaeróbica se define como la capacidad de un músculo de ejercer fuerzas elevadas durante una contracción rápida.

Esta manifestación de la fuerza se caracteriza por desarrollarse a una alta intensidad y corta duración de tiempo.

8. Curva fuerza-tiempo: concepto, características e identificación



Toda manifestación de fuerza se produce de acuerdo con unas características determinadas, que evolucionan en el tiempo de forma diferente pero pasando por las mismas fases hasta llegar a su máxima expresión. La relación entre la fuerza manifestada y el tiempo necesario para ello se conoce como la curva fuerza-tiempo (C. f-t).

En la figura 2 se muestra la fuerza expresada por un sujeto en relación con el tiempo. En ella se observa cómo se ha alcanzado la fuerza isométrica máxima, es decir, el 100% de la capacidad del ejecutante, pero para ello ha necesitado un tiempo, y la curva ha tenido una determinada pendiente.

El porcentaje de fuerza máxima conseguida y el tiempo necesario para ello son dos puntos de referencia a tener en cuenta a la hora de planificar y controlar el entrenamiento de fuerza.

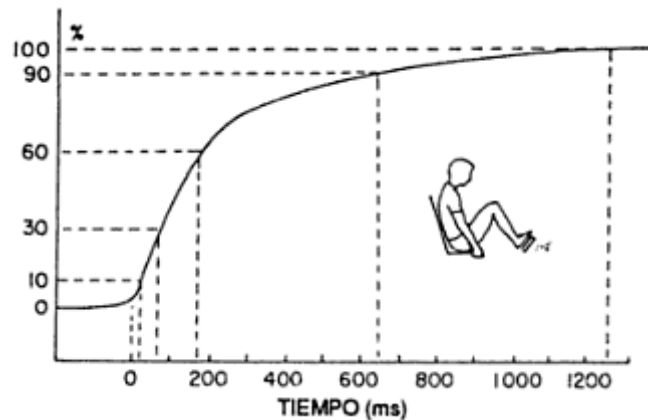


Figura 2. Ejemplo de C. f-t (Hakkinen, Alen y Komi, 1984).

Imagen de elaboración propia

Dentro de la curva fuerza-tiempo se distinguen tres fases:

- Fuerza inicial: habilidad para manifestar fuerza en el inicio de la tensión o contracción muscular.
- Fuerza explosiva: zona en la que se establece una mejor relación entre el incremento de la fuerza aplicada y el tiempo empleado para ello.
- Fuerza máxima: puede ser isométrica (si la resistencia es insuperable) o dinámica (si existe desplazamiento del punto de aplicación de la fuerza).

9. Medición y valoración de la fuerza dinámica e isométrica máxima y la potencia máxima



La valoración de la fuerza, en cualquiera de sus manifestaciones, es una inquietud y una necesidad en el contexto de la actividad física y del deporte desde hace décadas, y sus mediciones han ido adquiriendo importancia para el control y la prescripción del entrenamiento.

Como recordamos, podemos definir la **fuerza máxima** como la mayor expresión de fuerza que el sistema neuromuscular puede aplicar ante una resistencia dada (Navarro, 1987). Dicha manifestación de fuerza puede ser estática (fuerza máxima estática), cuando la resistencia a vencer es insuperable; o dinámica (fuerza máxima dinámica), si existe desplazamiento de dicha resistencia. Cuando la expresión de fuerza manifestada no alcanza el máximo de su expresión podemos hablar de la llamada fuerza submáxima, que también posee una modalidad estática (isométrica) o dinámica, y que viene expresada normalmente en términos de porcentaje sobre la fuerza máxima. Dentro de la fuerza submáxima existe una relación muy importante entre las magnitudes de intensidad y duración del esfuerzo. Por su parte, Rodríguez García (2008) define la potencia como el área bajo la curva que se sucede de la relación entre fuerza y potencia. Cuando esta manifestación alcanza su pico máximo estamos hablando de potencia máxima.

A continuación presentamos una tabla resumen (tabla II) de los métodos de valoración de ambas manifestaciones.

Tabla II. Valoración de fuerza y potencia máximas.

Manifestación	Valoración
	Dinamómetro isométrico
Fuerza máxima (isométrica)	Dinamómetro de cable
	Tensiómetro
Fuerza máxima (dinámica)	Test de 1RM
Potencia máxima	Test de Bosco

10. Los husos musculares y los OTG: concepto y características

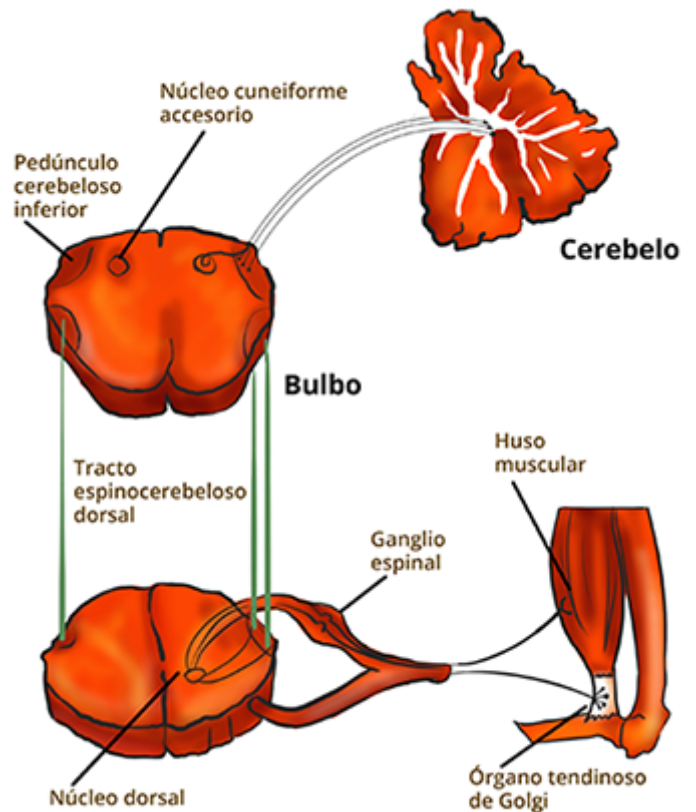


Las terminaciones musculares son mecanoreceptores de la sensibilidad tejidual profunda, que detectan una deformación mecánica. Los músculos y tendones tienen una cantidad abundante de dos tipos especiales de receptores: los husos musculares y los órganos tendinosos de Golgi (OTG).

El *huso muscular* es un receptor sensor localizado en el músculo que percibe en qué medida se halla extendido dicho músculo. Estos proporcionan información sensitiva al Sistema Nervioso Central (SNC) con respecto a la longitud del músculo y a la velocidad de cambio de esa longitud, permitiendo que este (SNC) controle la actividad muscular.

Características:

- Cada huso mide aproximadamente de 1 a 4 mm de longitud.
- Está rodeado por una cápsula fusiforme de tejido conectivo.
- Dentro de la cápsula se encuentran las fibras musculares intrafusales (6 a 14).
- Las fibras musculares comunes situadas por fuera de los husos se denominan fibras extrafusales.



Órgano tendinoso de Golgi.
Imagen de elaboración propia

Los *órganos tendinosos de Golgi* (OTG) son unos órganos receptores sensoriales propioceptivos que se encuentran en la inserción de las fibras del músculo esquelético en los tendones de dicho tipo de músculo. Estos husos proporcionan al SNC información sensitiva con respecto a la tensión de los músculos.

Importante

La principal diferencia entre ambos es que mientras el huso detecta la largura relativa del músculo, el órgano tendinoso detecta la tensión muscular.

11. Flexibilidad y elasticidad: características y diferenciación

La **flexibilidad** es la facultad de desplazar los segmentos óseos que forman parte de las articulaciones. Esta facultad depende fundamentalmente de la elasticidad de los músculos y sus tendones y de la de los ligamentos. A mayor flexibilidad, mayor amplitud de movimientos articulares. Dentro de la flexibilidad podemos distinguir dos tipos:

- **Flexibilidad estática:** es una medida de la amplitud total de movimiento de una articulación.
- **Flexibilidad dinámica:** es una medida del rango de fuerza de torsión o resistencia desarrollada durante el estiramiento en toda la amplitud del movimiento articular.



Flexibilidad y elasticidad.
Imagen de elaboración propia

La **elasticidad** es la capacidad del músculo para deformarse y recuperar rápidamente la posición. Por lo tanto, flexibilidad y elasticidad no deben usarse como sinónimos. La tabla III muestra los factores que limitan la flexibilidad y la elasticidad.

Tabla III. Factores limitantes de la flexibilidad y la elasticidad.

Factores que limitan la flexibilidad	Factores que limitan la elasticidad
Topes óseos	SNC
Masas musculares	Quimismo muscular
Edad	Carácter y ritmo de las contracciones musculares
Normal funcionamiento de los músculos encargados de su movimiento	Edad

12. Medición y valoración de la flexibilidad y elasticidad específica deportiva



Para evaluar la flexibilidad de una persona se deben elegir distintas pruebas, dada la naturaleza específica de la flexibilidad. Por lo general, existen pruebas directas que se usan para medir la amplitud de rotación de una articulación en grados, así como pruebas indirectas que miden la flexibilidad estática en unidades lineales.

Para la evaluación directa de la flexibilidad estática se debe medir la rotación de la articulación en grados con un goniómetro, flexómetro o inclinómetro.

Como pruebas indirectas que miden la flexibilidad se encuentran multitud de test para diferentes musculaturas: *sit and reach*, flexión de tronco, prueba de alcance posterior de las manos, etc.

Fibra muscular

Una célula muscular individual.

Miofibrillas

Los elementos contráctiles de los músculos.

Sarcómera

Unidad funcional básica de una miofibrilla.

Fibras de contracción lenta (ST)

Un tipo de fibra muscular que tiene una alta capacidad oxidativa y una baja capacidad glucolítica.

Fibra de contracción rápida (FT)

Un tipo de fibra muscular con una baja capacidad oxidativa y una elevada capacidad glucolítica.

Unidad motora

El nervio motor y el grupo de fibras musculares a las que inerva.

Unión neuromuscular

El punto en el que una neurona motora se comunica con una fibra muscular.

Una repetición máxima

Cantidad máxima de peso que una persona puede levantar en no más de una repetición completa de ese ejercicio.

Fuerza isométrica máxima

Es la máxima fuerza que el sistema neuromuscular es capaz de ejercer con contracción voluntaria contra una resistencia insuperable.

Potencia muscular máxima

Capacidad de un músculo de ejercer fuerzas elevadas durante una contracción rápida.

Fuerza máxima

Mayor expresión de fuerza que el sistema neuromuscular puede aplicar ante una resistencia dada.

Huso muscular

Es un receptor sensor localizado en el músculo que percibe en qué medida se halla extendido dicho músculo.

Órgano tendinoso de Golgi

Órgano receptor sensorial propioceptivo que se encuentra en la inserción de las fibras del músculo esquelético en los tendones de los músculos.

Flexibilidad

Es la facultad de desplazar los segmentos óseos que forman parte de las articulaciones.

Elasticidad

Es la capacidad del músculo para deformarse y recuperar rápidamente la posición.

- Balsalobre-Fernández et al. Valoración de la fuerza isométrica mediante el índice de fuerza de Morehouse y la flexión sostenida en barra: estudio analítico y de regresión. *Revista Docencia e Investigación*, 2011, 21, 169-84.
- Garber, C. E.; Blissmer, B.; Deschenes, M. R.; Franklin, B. A.; Lamonte, M. J.; Lee, I. M. et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 2011, 43(7), 1334-1359.
- González, J.J. *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo*. Texto básico del Máster Universitario en Alto Rendimiento Deportivo del Comité Olímpico Español y de la Universidad Autónoma de Madrid. Inde, 2002.
- López, J. *Fisiología del ejercicio*. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 2008.
- Rodríguez García, PL. *Ejercicio Físico en Salas de Acondicionamiento Muscular. Bases científico-médicas para una práctica segura y saludable*. Editorial Médica Panamericana, 2008.

- García, J.M. *La fuerza: fundamentación, valoración y entrenamiento*. Madrid: Gymnos, 1999.
- Weineck, J. *Entrenamiento total*. Barcelona: Paidotribo, 2005.

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