

1.1 Nociones básicas de fuerza en los deportes de equipo

Nuestro deseo para este curso es el de lograr ser un disparador en su proceso de perfeccionamiento como deportista, entrenador o kinesiólogo. Intentaremos, a lo largo de este trayecto, brindarle no solo las bases conceptuales en las cuales apoyarse, sino también el soporte científico y empírico que apoya determinadas actuaciones en el plano del entrenamiento de la fuerza aplicado a los deportes de conjunto.

Dividiremos la presentación en tres grandes partes: la primera se encargará de conceptualizar y definir cuestiones relacionadas a la fuerza; la segunda parte orientará sobre cómo periodizar y analizar los medios de entrenamiento más eficaces; y la tercera parte se dedicará a elaborar un efectivo programa de entrenamiento acorde a las necesidades de su equipo, de su deportista o de usted mismo.

Quisiéramos desearle éxito en este viaje que emprenderemos juntos; esperamos que pueda disfrutar de la lectura y que esta certificación le ayude en su realización profesional y le despierte curiosidad para seguir contribuyendo al crecimiento de nuestra disciplina.

Paradigma dominante y análisis del deportista como una estructura hipercompleja: ¿más es mejor?

Tradicionalmente se ha vinculado al entrenamiento de la fuerza en los deportes colectivos con el trabajo aislado en la sala de musculación o gimnasio, desprovisto de toda relación con las acciones motoras que un jugador debe desarrollar en el campo. Siguiendo las teorías conductistas y mecanicistas, este tipo de trabajo ha intentado, por medio de prácticas cuantitativas y a través de secuencias lineales de ejercicios, “construir” un jugador que pueda satisfacer las necesidades de un modelo dominante.

Este paradigma conductista y mecanicista entiende al universo como un sistema mecánico compuesto por piezas, al cuerpo humano como una máquina y a la vida en sociedad como una lucha competitiva por la existencia donde predomina la creencia en el progreso material ilimitado a través del incremento del poder económico y tecnológico (Capra, F. 1998). A partir de este paradigma se desprende que el desarrollo del deportista depende, en mayor medida, de:



- La evolución del reglamento.
- La evolución de las exigencias de la competición.
- La evolución conceptual del entrenador.
- La evolución de la valoración social y económica del deporte.
- La evolución de la investigación y la tecnología aplicada al deporte.

Pero este modelo ha entrado en recesión y ha dado lugar a una nueva manera de entender el mundo según la cual el eje conformador del proceso optimizador es el de la persona-deportista cuyas experiencias vividas le proveerán una mezcla de flujos de energía únicos e irrepetibles. Esta mezcla genera una auto-conformación específica para cada individuo y produce un camino de auto-modelación personal irreproducible en otro sujeto e irrepetible en la misma persona-deportista en un momento diferente (Seirul-lo Vargas, F., 2003).

Según el paradigma de la complejidad, el eje conformador del proceso de entrenamiento es el hombre-deportista; no se trata de un cuerpo que se mueve, sino de una persona que se mueve. Esta concepción del movimiento involucra a todas las estructuras que comprometen a ese individuo de manera holística.

De este modo, es necesario comprender que aquello que denominamos **capacidades**, como son la fuerza, resistencia, amplitud de movimiento, etcétera, no son más que formas de evaluación sectoriales de una parte de los procesos que acontecen en un sistema perteneciente a una estructura hipercompleja (el ser humano) en un momento determinado de su existencia.

Dicho esto, intentaremos reinterpretar el proceso de entrenamiento de la fuerza dentro de una concepción sistémica y holística dando prioridad a las situaciones y a contenidos de alta variabilidad, ya que cada individuo interacciona con el ambiente en una experiencia única.

Pero no caigamos en una trampa: muchos preparadores y entrenadores, en su afán por brindar sólo cargas específicas, no contemplan los requerimientos necesarios para la práctica deportiva y obvian que mientras más específico es el entrenamiento respecto a la competición, más estrés produce en el deportista y más se incrementa el riesgo de lesión.

Como veremos más adelante, el entrenamiento de la fuerza tiene, desde nuestra perspectiva, dos objetivos fundamentales, por un lado, el de optimizar las prestaciones de los deportistas y, por el otro, el de prevenir lesiones o al menos limitarlas. Mediante investigaciones y experiencias científicas intentaremos dilucidar algunos aspectos prácticos y teóricos



para que usted sea capaz de modelar su práctica y cumplir con estas dos premisas fundamentales en su equipo, su club o con su deportista.

La dificultad de trabajar la fuerza en los deportes de equipo

La principal característica de los deportes colectivos es la **variabilidad del entorno**: las situaciones que se presentan nunca pueden ser repetidas. Por ello es que es difícil su medición, sobre todo si consideramos que tradicionalmente los modelos de entrenamiento provienen de deportes individuales. Hoy en día, con el avance de la investigación científica, podemos afinar los modelos de entrenamiento y aproximarnos a la realidad de nuestro deporte dejando de lado visiones sesgadas por el atletismo y la natación como sucedía años atrás cuando sólo importaban los parámetros fisiológicos y/o bioquímicos para analizar el desempeño de nuestros jugadores.

Gracias a la evolución de la tecnología y la ciencia, existen actualmente herramientas validadas científicamente que se pueden llevar en el bolsillo, como, por ejemplo, aplicaciones para el teléfono celular. Con cuestionarios como el RPE (*rating of perceived exertion*; en español, escala de medición de esfuerzo subjetivo) podemos acercarnos a lo que realmente están sintiendo nuestros deportistas, lo cual puede ser muy distinto de lo que los entrenadores pensamos que nuestros deportistas sienten. Los softwares como el Data Volley, el Amisco Pro o el Sagit (para balonmano) nos permiten aproximarnos no solo a lo que sucede en el deporte en general, sino también a lo que acontece con nuestro equipo en tiempo real.

1.1.1 Delimitaciones conceptuales prácticas

Fuerza - cualidad física básica

“El movimiento es vida, recuérdalo” dijo el antiguo Samurai Miyamoto Musashi y, para que exista movimiento, es necesario que haya una acción muscular. Debemos comprender que las amplias posibilidades de acciones musculares de las que es capaz el ser humano no serían posibles sin **fuerza muscular**, ya sea expresada en movimientos como caminar, correr, lanzar, sentarse o hasta mover los ojos para leer este texto (ver Figura 1).



Figura 1: Conceptos y ecuaciones básicas

Desde el punto de vista de la física, la fuerza es la influencia que al actuar sobre un objeto hace que éste cambie su estado de movimiento como la definió Newton:

$$F = M \times A \quad (\text{Fuerza es igual a masa por la aceleración})$$

$$A = \frac{V_f - V_i}{T} \quad (\text{Aceleración es igual a Velocidad Final menos velocidad inicial sobre tiempo})$$

$$F = \frac{M \times (V_f - V_i)}{T} \quad (\text{Fuerza es igual a la masa multiplicada por la resultante de Velocidad Final Menos Velocidad Inicial sobre el tiempo empleado})$$

ahora bien: **Potencia** es la capacidad de realizar un trabajo en el menor tiempo posible:

$$P = \frac{\text{Trabajo}}{\text{Tiempo}}$$

pero como trabajo es igual a:

$$\text{Tr} = \text{Fuerza} \times \text{Distancia}$$

podemos decir entonces que:

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Fuerza} \times \text{Distancia}}{\text{Tiempo}}$$

y como velocidad es distancia sobre tiempo entonces simplificado esto decimos que:

$$\text{Potencia} = \text{Fuerza} \times \text{Velocidad}$$

Las unidades de medida para estas manifestaciones son las siguientes:

FUERZA = Newtons (N)

TRABAJO = Joules (J)

POTENCIA = Watts (W)

Fuente: adaptado de Knuttgen, y Kraemer, 1987.

Existen tres parámetros básicos para comprender la fuerza. Estos son:

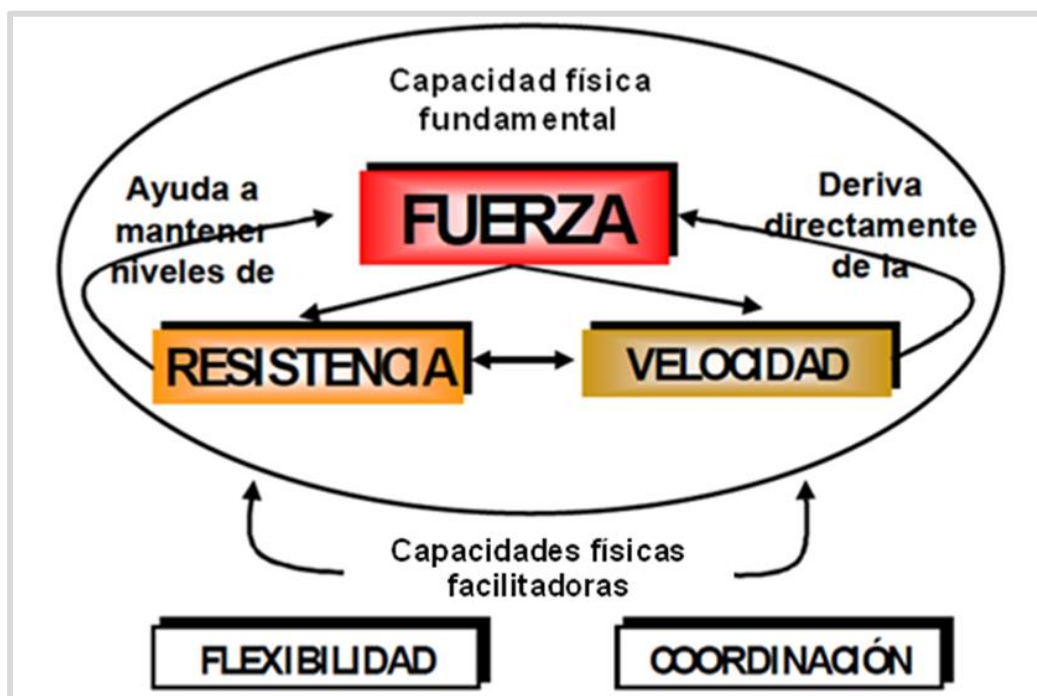
- **El nivel de fuerza:** la cantidad de fuerza aplicada en una acción determinada.
- **El tiempo de aplicación de determinada fuerza:** la cantidad de fuerza que se aplica por segundo (relacionado al concepto de



fuerza explosiva). Entendida la potencia como la capacidad para efectuar acciones motoras en un tiempo mínimo, esto cobra relevancia.

- **El tiempo en que se puede mantener una determinada cantidad de fuerza:** cuando nos referimos a mantener acciones musculares sub-máximas durante una determinada cantidad de tiempo nos referimos al concepto de *resistencia*.

Figura 2: Manifestaciones de la fuerza muscular

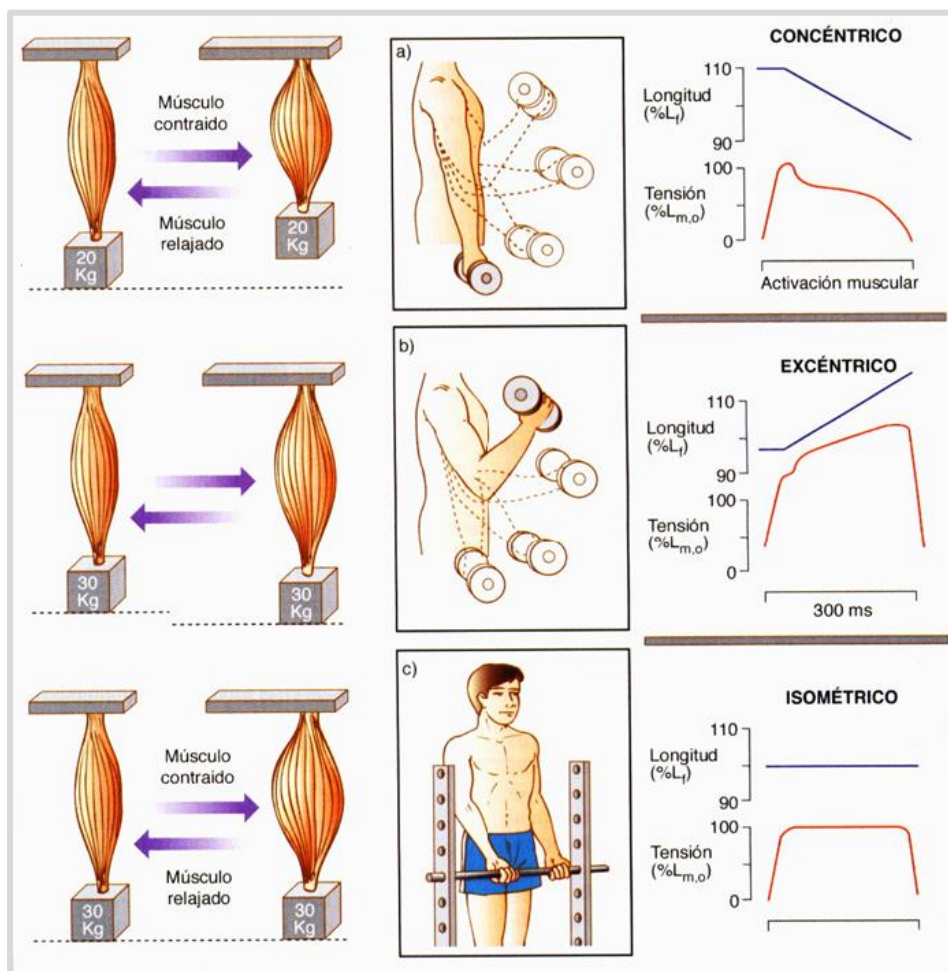


Fuente: Adaptado de Tous Fajardo, 1999.

Según Zatsiorsky (2006), la **fuerza** es la habilidad para sobreponerse o contrarrestar una resistencia externa mediante un esfuerzo (tensión) muscular. Si la acción muscular es en dirección opuesta a la resistencia y la supera, ésta se denomina una **acción concéntrica**; si es en la misma dirección a la resistencia, pero no la supera, sino que se produce un estiramiento activo de la musculatura a favor de la gravedad, se denomina **acción excéntrica**; mientras que, cuando la longitud de la acción muscular no se modifica se denomina una **acción isométrica** (ver figura 3).



Figura 3: Acción concéntrica, excéntrica e isométrica



Fuente:Recuperado de López Chicharro, 2006. Adaptado de Knutgen,& Kraemer, 1987.

La fuerza es la capacidad de generar tensión que puede producir cada grupo muscular a una velocidad específica de ejecución

Knutgen,& Kraemer (1987). Vol. 1 Num.1 pg. 6



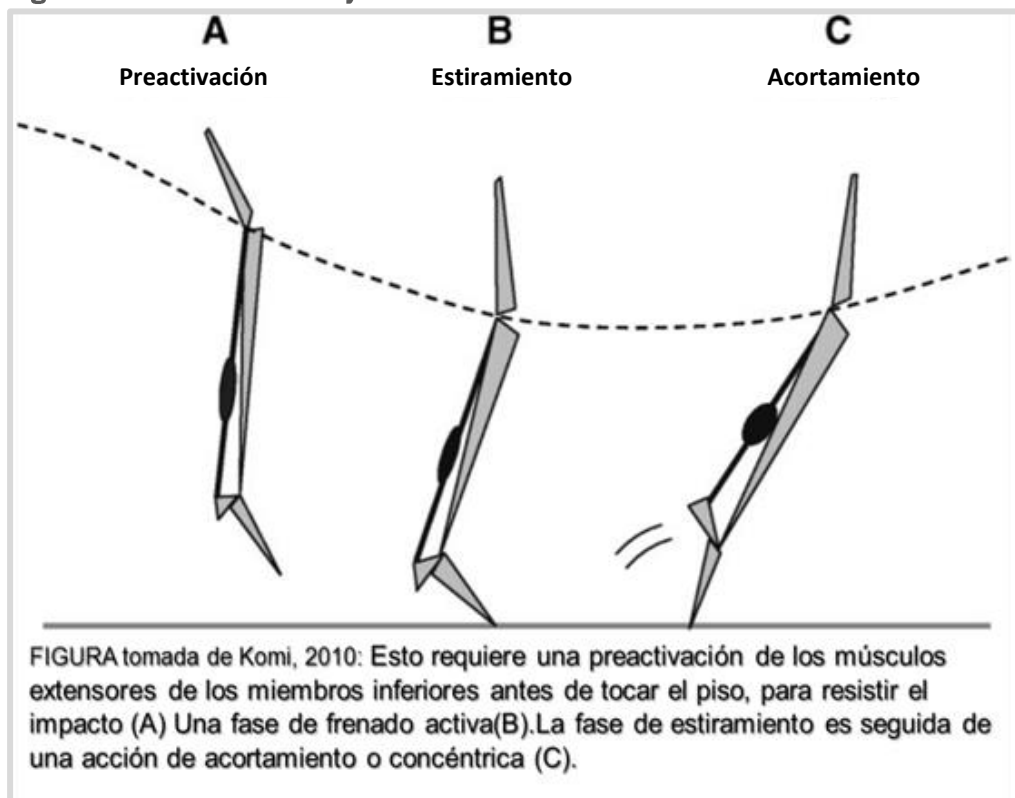
1.1.2 Ciclo estiramiento-acortamiento y la velocidad de desarrollo de la fuerza

Ciclo estiramiento-acortamiento (CEA)

Cuando las acciones se dan de manera continuada a fin de que exista una pre-activación excéntrica-concéntrica y el tiempo de transición entre la fase excéntrica y concéntrica es muy corto, ocurre lo que se denomina **ciclo de estiramiento-acortamiento (CEA)** (Komi, P. V., 1992).

Según Verkhoshansky (2006), se trata de la capacidad específica muscular de manifestar un esfuerzo motor muy fuerte, luego de un estiramiento mecánico intensivo, o sea, durante la transición rápida de trabajo excéntrico a concéntrico.

Figura 4: Pre-activación y CEA



Fuente: Komi, P. V., Y Nicol, C., 2010.

El CEA proviene de la observación de que todos los segmentos corporales están sujetos a impacto o a fuerzas de estiramiento. Correr, caminar, saltar, son típicos ejemplos en los que fuerzas externas, como por ejemplo la gravedad, alargan el músculo. En esta fase de alargamiento el

músculo se mantiene actuando excéntricamente; y a esta fase le sigue una acción concéntrica.

Fuerza explosiva y tasa de desarrollo de la fuerza o RFD (*Rate of Force Development*)

Maffiuletti et al. (2016) definen la **fuerza explosiva** como la habilidad de incrementar la fuerza o torque lo más rápido posible mediante una veloz acción muscular desde el reposo o desde un bajo nivel de activación muscular. Por su parte, Schmitz y Bleichner (1992) divide estas acciones explosivas en dos tipos: aquellas con un **CEA corto** (inferior a 250 milisegundos) y aquellas con un **CEA largo** (superior a 250 ms).

¿Por qué interesan tanto estos conceptos en los deportes colectivos? Porque, según las investigaciones realizadas por McInnes, Carlson, Jones, y Mc Kenna (1995) en baloncesto, si bien estas acciones representan solo el 15% del total de las acciones realizadas en un encuentro, son las responsables del éxito o la derrota en la competencia.

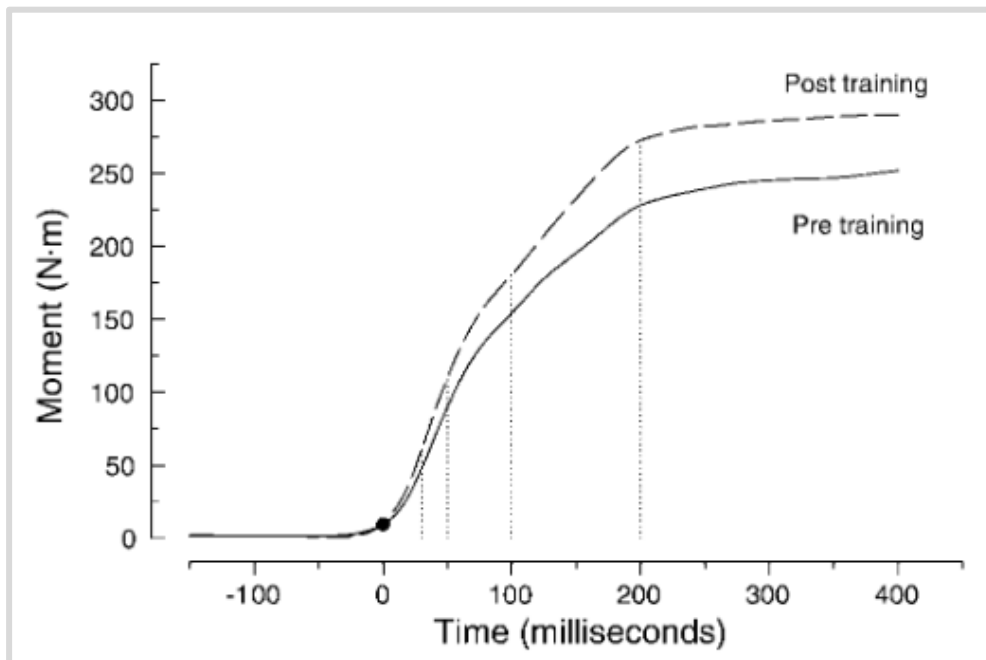
En los deportes colectivos, acciones como un salto para cabecear, un remate de voleibol, un lanzamiento en suspensión en baloncesto o un disparo en fútbol, por citar solo algunas, son acciones de corta duración y altísima potencia, como analizaremos más adelante.

La **tasa de desarrollo de la fuerza (RFD)**, por lo tanto, es derivada de la curva fuerza-tiempo registrada en una activación muscular explosiva y voluntaria. La evaluación de esta curva, si la comparamos con una contracción muscular máxima, tiene, principalmente, las siguientes ventajas: 1) parece estar más relacionada a las tareas deportivas, 2) es más sensible a detectar cambios agudos y crónicos en las funciones neuromusculares y 3) potencialmente está gobernada por diferentes procesos fisiológicos (Maffiuletti, 2016).

A su vez, esta capacidad de expresar fuerza en poco tiempo, está influenciada por numerosos factores del sistema neuromuscular, dentro de los cuales encontramos aquellos que contribuyen al incremento de la fuerza máxima (área transversal muscular y frecuencia de disparo de unidades motoras) así como los que afectan al tiempo necesario para alcanzar un determinado nivel de fuerza (el tipo de fibra y la rigidez o *stiffness* musculo-tendinoso) (Maffiuletti, N., 2016).

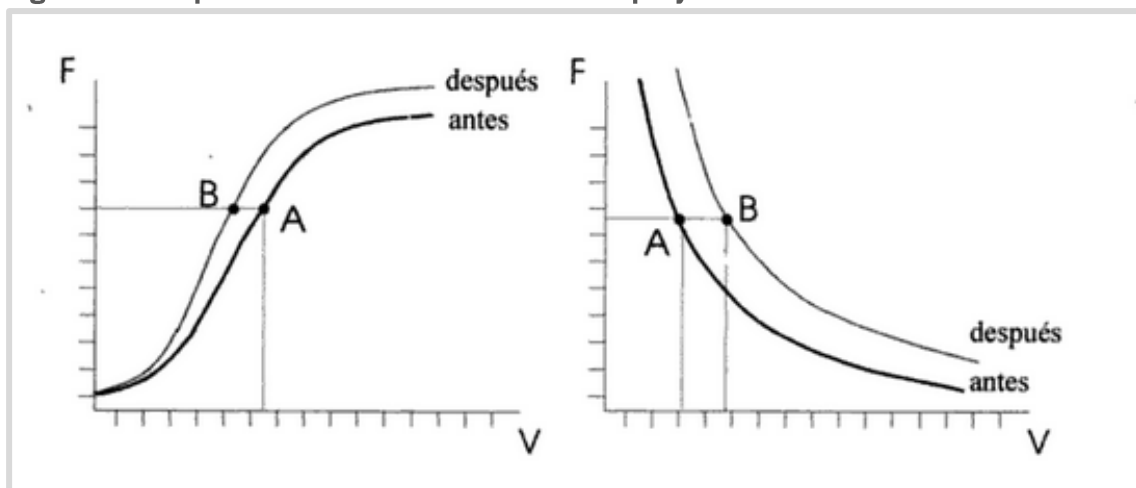


Figura 5: Tasa de desarrollo de la fuerza antes y después del entrenamiento



Fuente: Aagaard, Simonsen, Andersen, Magnusson, & Dyhre-Poulsen, 2002, p. 1319. Fig. 5. Curva promedio de Momento-tiempo para 15 sujetos antes y después de un entrenamiento de fuerza de 14 semanas. El comienzo de la contracción está marcado por el círculo negro en tiempo cero. Las líneas punteadas verticales indican intervalos de 30, 50, 100 y 200 ms relativos al comienzo de la activación. Se observan pendientes más pronunciadas luego del entrenamiento en los primeros 200 ms de la curva.

Figura 6: Comparación de curvas fuerza-tiempo y fuerza-velocidad



Fuente: adaptado de Gonzales Badillo & Ayestarán (2002) p. 49. A la izquierda observamos la curva Fuerza- Tiempo (f-t) mientras que a la derecha la curva Fuerza-Velocidad (f-v) ambos son analizados antes y después de un entrenamiento con cargas pesadas. Los cambios producidos en la curva F-T se equiparan a los observados en la curva F-V. En cuanto seamos capaces de generar más fuerza a la misma velocidad aplicada anteriormente, o cuanto más veloz alcancemos ante la misma resistencia, mejor será nuestra curva fuerza-velocidad.



Como vemos en la Figura 6, un correcto programa de entrenamiento tendrá como consiguiente resultado el **desplazamiento de la curva fuerza-tiempo hacia arriba y la izquierda**; esto quiere decir que el deportista es capaz de ejercer más fuerza para el mismo tiempo. Para ello, es fundamental la elección de las tareas que deberá realizar; pero nos centraremos en ello más adelante.

1.1.3 Aspectos fisiológicos de la acción muscular

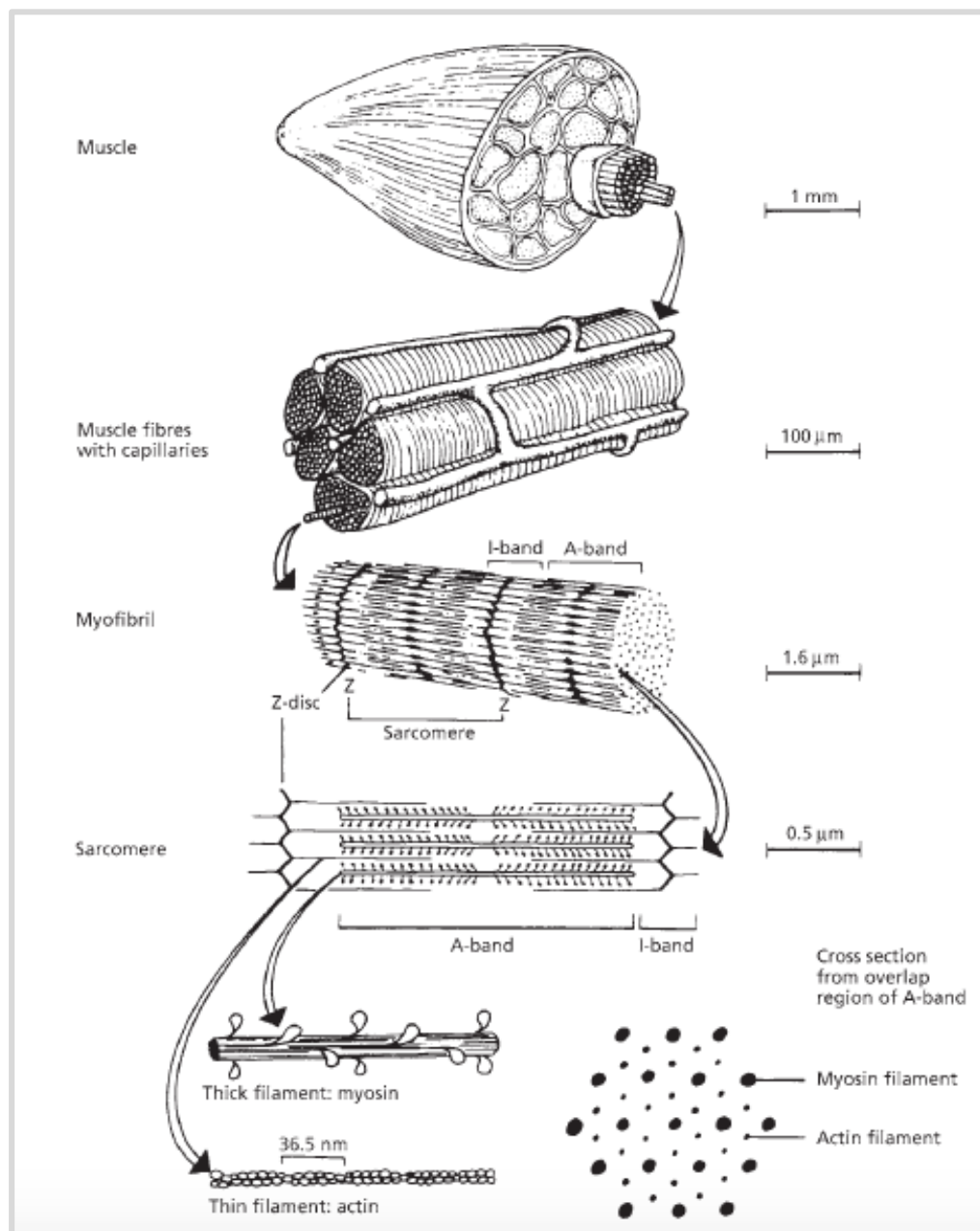
Los músculos están formados por dos componentes: uno **activo o contráctil** y el segundo **pasivo o no contráctil**. El primero consiste en miles de fibras entrelazadas y su gran objetivo consiste en deslizarse unas sobre otras para producir movimiento. Por otra parte, el componente pasivo se refiere a las vainas, aponeurosis y tendones, cuya finalidad es la de ofrecer un marco estructural y no de movimiento propiamente dicho.

Cada músculo está compuesto por miles de pequeñas fibras, todas ellas recubiertas de una vaina de tejido conectivo llamada **endomisio**. Cuando se agrupa un conjunto de fibras en haces, estos agrupamientos se denominan **fascículos**; éstos a su vez son recubiertos por su propia vaina llamada **perimisio**. El músculo entonces, compuesto por un conjunto de fascículos, está envuelto finalmente por la fascia o **epimisio** (Verkhoshansky, Y., 2004).

A nivel microscópico, una fibra muscular se compone de miles de miofibrillas dispuestas en paralelo, las cuales a su vez están formadas por grupos de sarcómeros. El **sarcómero** es la porción de una miofibrilla delimitada por dos **discos z** sucesivos y constituye la unidad funcional del músculo esquelético. Su longitud en estado relajado es de 2,2 micras aproximadamente y está compuesto por filamentos gruesos de una proteína llamada **miosina** y filamentos delgados de una proteína llamada **actina**. Para que se genere una contracción muscular es necesario que se produzca una conexión temporal de las cabezas de miosina con los filamentos de actina, o lo que se conoce como **“puente cruzado”** (Verkhoshansky, Y., 2004).



Figura 7: Representación de la composición estructural del tejido muscular



Fuente: Edman, K. (1992). Contractile performance of skeletal muscle fibres. Strength and power in sport, p 114.

Las miofibrillas son de carácter **estriado** y la capacidad de las proteínas musculares para alterar el plano de luz polarizada, permite diferenciar distintas zonas o bandas, como las **bandas-I** y las **bandas-A**. En la sección media de cada una de estas bandas existe una banda más



luminosa denominada **banda-H**, que se puede observar microscópicamente sólo cuando el músculo está relajado. En cada banda-H se encuentra una **banda-M**, en la cual se interconectan los filamentos de miosina adyacentes.

Por otra parte, los **discos Z** intersectan las bandas-I de manera transversal y mantienen los extremos de los filamentos de actina unidos. Junto con las conexiones transversales realizadas por bandas-M entre filamentos de miosina, una proteína llamada **desmina** interconecta sarcómeros entre miofibrillas adyacentes. Además, los filamentos elásticos de **titina** interconectan las bandas M con los discos-Z (Verkhoshansky, 2004).

Teoría del deslizamiento

En el acortamiento muscular, las bandas I y H se estrechan, mientras que no se producen cambios en la longitud de las bandas-A. Por tanto, cuando un músculo se acorta, ocurre un incremento en la superposición de los filamentos delgados sobre los filamentos gruesos en los sarcómeros.

Según Verkhoshansky (2004):

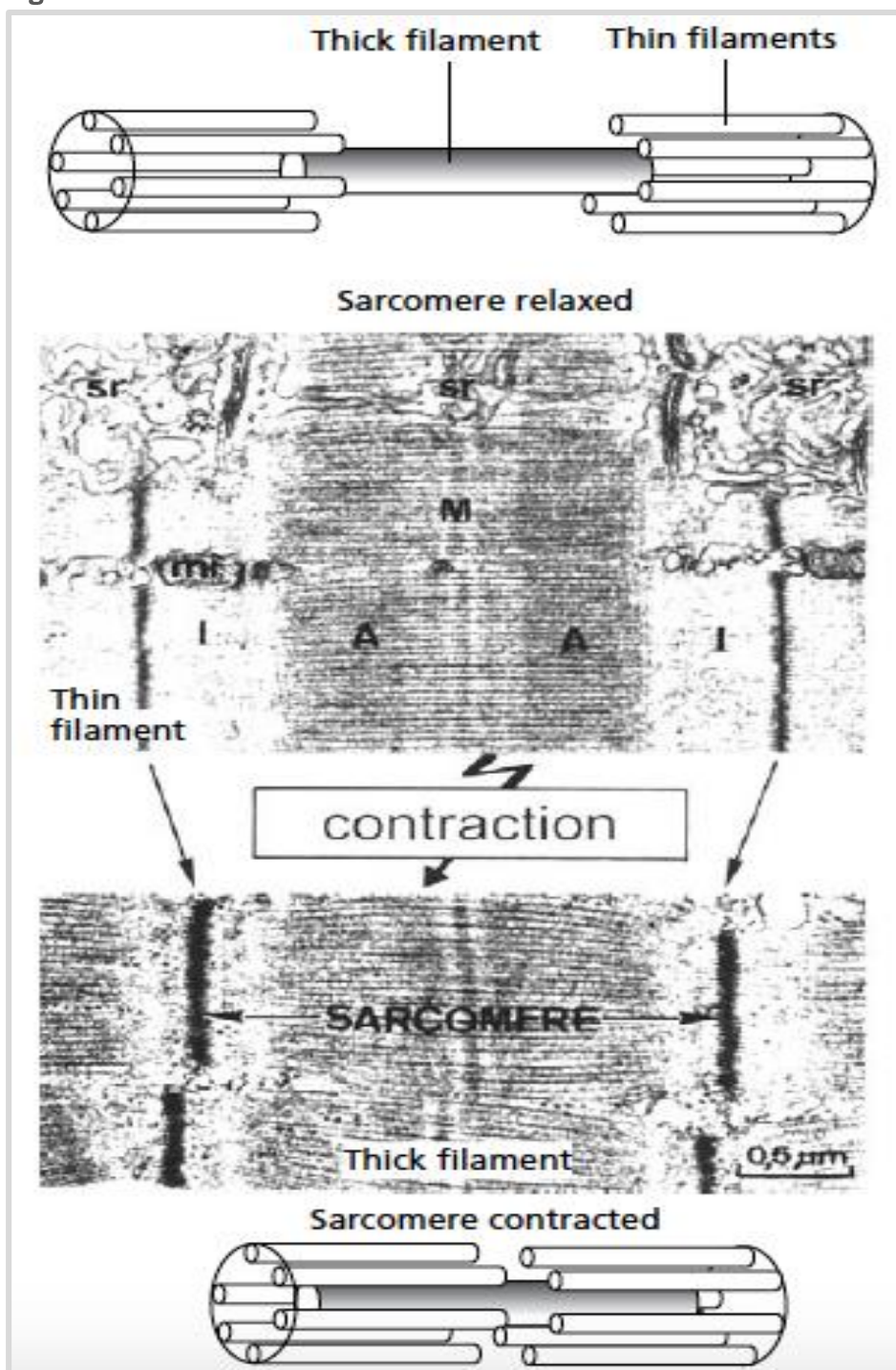
La teoría del deslizamiento postula que en estado de reposo las zonas activas de los filamentos de actina están inhibidas por el **complejo troponin-tropomiosina** y esto evita que los puentes cruzados de miosina interactúen con estas zonas. Cuando la concentración del ion calcio (Ca^{2+}) es suficientemente grande, se supera esta inhibición. Este hecho se produce cuando un impulso eléctrico se traslada por las fibras nerviosas hasta la fibra muscular y el retículo sarcoplasmático que rodea cada miofibrilla libera súbitamente iones calcio al sarcoplasma (el «plasma» dentro de las células musculares). Los nervios que suministran la estimulación se denominan **motoneuronas**. Sus cuerpos celulares se localizan en el cerebro o en la columna vertebral y envían largos cables (axones) a determinadas células musculares. Las terminaciones de estos axones se dividen en varias terminales al entrar en el músculo y cada terminal forma una **unión neuromuscular** con una única fibra muscular. Esta unión o sinapsis comprende un espacio muy estrecho entre las membranas de la terminación axonal y la fibra muscular, llamado



hendidura sináptica. El impulso eléctrico provoca que las vesículas sinápticas dentro de la terminación axonal liberen una sustancia transmisora (un neurotransmisor) especial denominada **acetilcolina** que se traslada a través de la hendidura y da la señal al retículo sarcoplasmático para liberar los iones calcio. Cuando la concentración de iones de calcio liberados alcanza un cierto nivel, aparecen las cabezas de los puentes cruzados para adherirse a los lugares activos de los filamentos de actina, se inclinan en un ángulo más agudo y tiran de los filamentos de actina entre los filamentos gruesos de miosina. Este proceso de producción de energía que involucra a la molécula de fosfato altamente energética **ATP (adenosín-trifosfato)** y a su subproducto derivado **ADP (adenosín-difosfato)** se produce aparentemente para establecer un ciclo de tirones sucesivos por parte de los puentes cruzados que provoca en pasos progresivos un acortamiento muscular. La contribución de numerosos y minúsculos tirones realizados por miles de miofibrillas se suman para producir la activación de todo el grupo muscular.

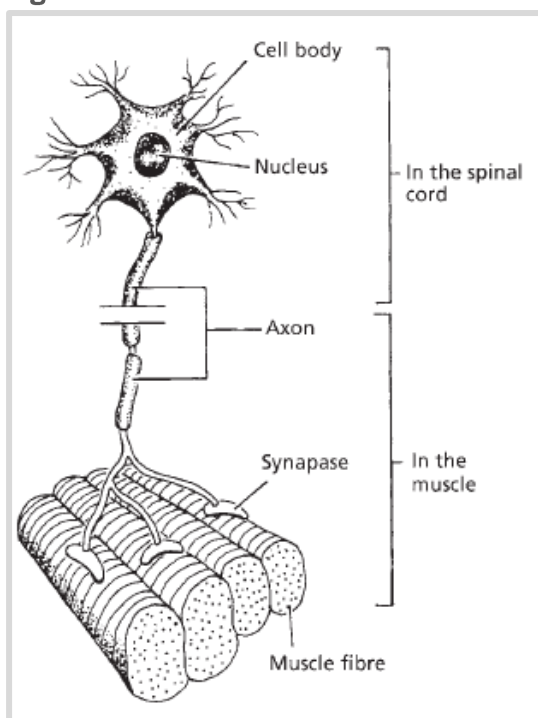


Figura 8: Ilustración de la teoría del deslizamiento muscular



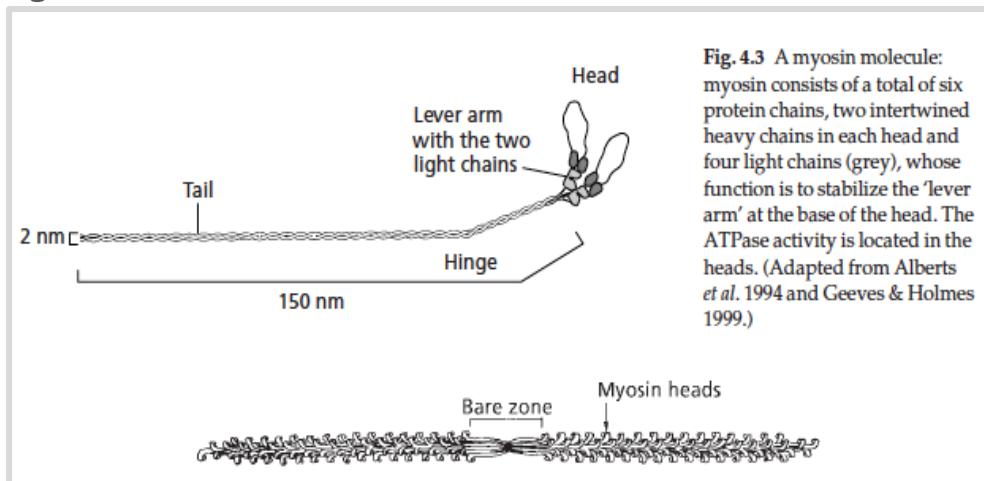
Fuente: Billeter, R., & Hoppeler, H. (2003). Muscular basis of strength. Strength and power in sport, 50. En estado de relajación, las líneas Z están separadas por aproximadamente 2,5 μm . los filamentos delgados y gruesos se solapan sólo parcialmente. En el estado de acortamiento, las líneas z se encuentran más juntas, y los filamentos de actina y miosina se encuentran solapados casi en la totalidad de su longitud. A= Banda A, M=Línea M, Z Línea.

Figura 9: La unidad motora



Fuente: Billeter, R., & Hoppeler, H. (2003). Muscular basis of strength. Strength and power in sport, 50.

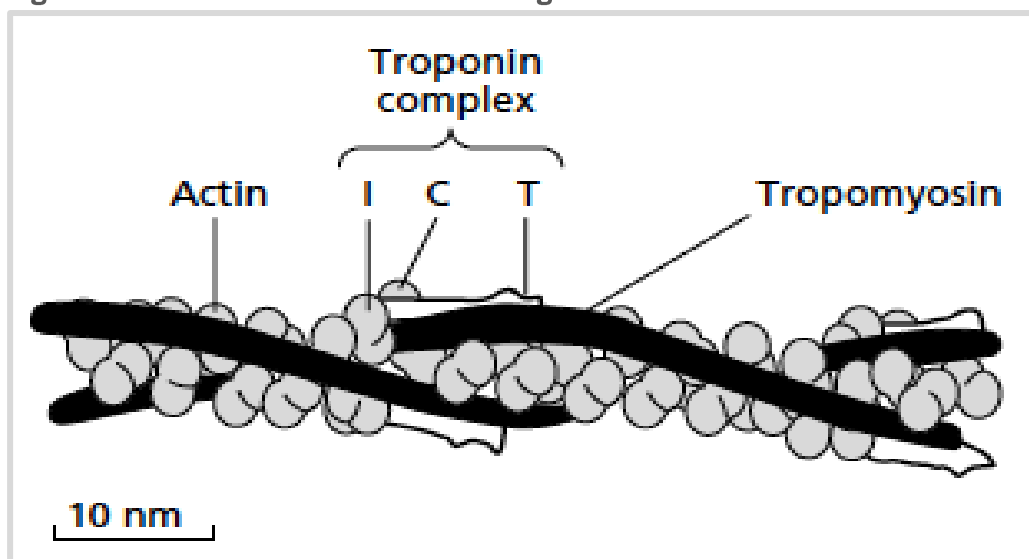
Figura 10: Ilustración de la miosina



Fuente: Adaptado de Billeter, R., & Hoppeler, H. (2003). Muscular basis of strength. Strength and power in sport, 50. Cada molécula de filamento grueso (miosina) consiste en una cola en forma de vara (compuesta de meromiosina de doble hilo) y una cabeza (hecha de dos masas protéicas globulares). Unas 200 de estas moléculas, aproximadamente, se unen para formar un filamento de miosina con las protrusiones de cabeza/cuello situadas a los lados del filamento. Son estas protrusiones las que constituyen los puentes cruzados.



Figura 11: Ilustración del filamento delgado de actina



Fuente: Adaptado de Billeter, R., & Hoppeler, H. (2003). Muscular basis of strength. Strength and power in sport, p 50.

En la imagen el filamento delgado está compuesto por tres materiales: actina, tropomiosina y troponina. La columna del filamento tiene forma de hélice de lana entrelazada, determinada por dos longitudes de un mismo hilo básico de moléculas de actina conectadas débilmente a una tira adyacente de tropomiosina. Las dos longitudes están enroscadas y a lo largo de la tropomiosina, de forma regular se adhiere una agrupación triple de troponina. Esta es una agrupación de tres unidades, cada una tiene utilidad diferente: un glóbulo tiene una acentuada afinidad por la actina, el otro por la tropomiosina y el tercero es afín al Calcio. Se cree que los dos primeros mantienen la actina y los hilos de la tropomiosina juntos, mientras que el glóbulo afín al Calcio juega un papel determinante en la interacción con los iones Calcio que inician la activación muscular generando un proceso en el que se exponen las zonas activas del filamento de actina para que los puentes cruzados de miosina puedan acoplarse a ellas (Billeter, R. & Hoppeler, H., 2003).

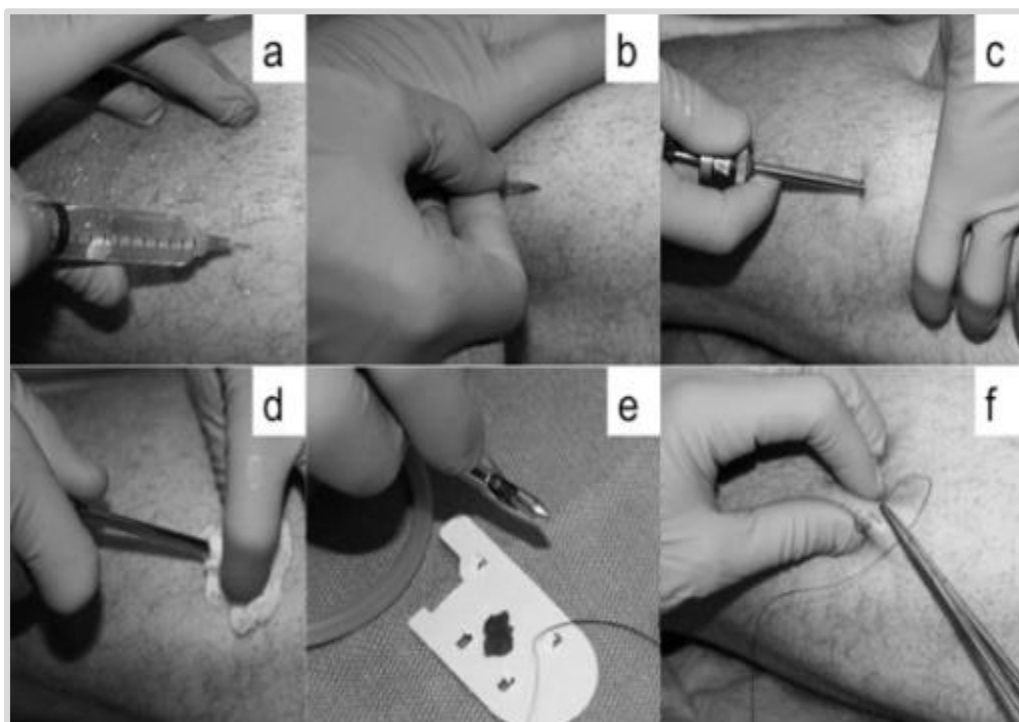
Tipos de fibra muscular

El músculo humano está compuesto por diversos tipos de fibras que pueden ser clasificadas de diferentes maneras y que para ser analizadas requieren de una técnica muy invasiva como es la **biopsia muscular**. El porcentaje de estas fibras difieren entre individuos, pero también entre los diversos músculos. Algunos grupos musculares se contraen más lentamente (los que tienen una proporción mayor de fibras de **tipo I o**



slowtwitch (ST)) y otros grupos musculares tienen velocidades de contracción más rápidas (tienen una proporción alta de fibras musculares de **tipo II o fasttwitch (FT)**). De todas formas, la mayoría de los grupos musculares muestran una mezcla bastante homogénea de los dos tipos de fibras. El entrenamiento con cargas altas a altas velocidades puede beneficiar a los grupos musculares de contracción rápida, mientras que el entrenamiento con cargas bajas, velocidades bajas y muchas repeticiones puede beneficiar a los grupos musculares de contracción lenta. Conocer este aspecto es clave para la correcta selección de los ejercicios a emplear de acuerdo con el tipo de fibra predominante en un músculo determinado.

Figura 12: Biopsia muscular



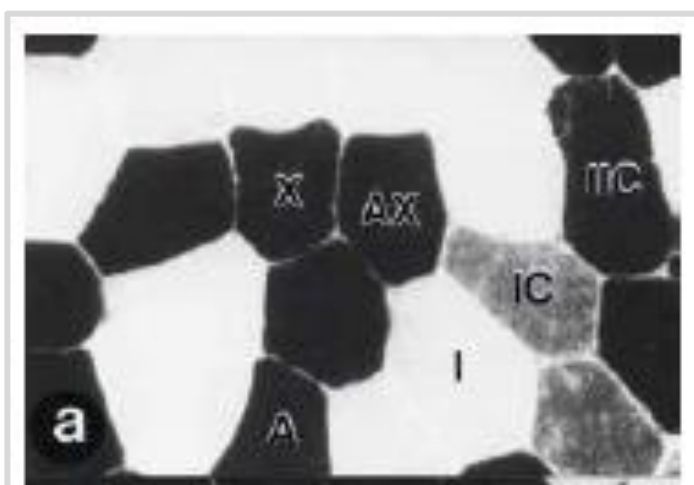
Fuente: [Imagen intitolada sobre Biopsia muscular] s.f. Recuperado de goo.gl/SSBcV6. Obtener una muestra de tejido muscular a través de una biopsia es un proceso complejo que requiere de anestesia local, realizar una pequeña incisión y e insertar una aguja para retirar un pequeño pedazo de músculo

En la actualidad uno de los métodos más utilizados para diferenciar distintos tipos de fibras es la sensibilidad de la enzima ATPasa a un PH determinado. La **miosin-ATPasa** es una enzima que se ubica en la cabeza de los puentes cruzados y está vinculada íntimamente a la ruptura de ATP en ADP, fósforo inorgánico (Pi), H⁺, y energía; por lo tanto, es vital en la generación de ciclos de puentes cruzados. Este sistema de clasificación es posible porque en las fibras musculares se encuentran diferentes tipos

de miosin-ATPasa. Al teñirse las fibras seleccionadas y a diferentes condiciones de pH el color de las fibras varía según su composición.

Una vez discriminadas las fibras se analiza su velocidad de contracción, densidad capilar y mitocondrial, etcétera. Este método correlaciona muy bien con el contenido de las **cadena pesada de miosina (MHC)** y con el análisis bioquímico de las enzimas metabólicas de cada fibra (Scott, Stevens, & Binder- Macleod, S. A., 2001).

Figura 13: Muestra de biopsia muscular



Fuente: Fleck, S. J., & Kraemer, W. (2014). Designing Resistance Training Programs, 4E. Human Kinetics. Tejido muscular manchado a un pH de 4,6. Vemos las fibras tipo I, IIa, IIax, IIc y IIX.

Si bien dependiendo del método nos encontraremos con varios tipos de fibras, a modo de resumen podemos decir que existen dos grandes grupos de fibras musculares (cada una con subtipos) que cuentan con características propias y que analizaremos a continuación:

Tabla 1: Principales diferencias entre las fibras tipo I Y tipo II

| Características | Tipo I | Tipo II |
|--|--------|---------|
| Fuerza por área transversal | Baja | Alta |
| Actividad miofibrilar de la ATPasa(pH 9,4) | Baja | Alta |
| Almacenamiento de ATP intramuscular | Bajo | Alto |
| Almacenamiento de PCintramuscular | Bajo | Alto |
| Velocidad de contracción | Lenta | Rápida |



| | | |
|--|-----------------|--------|
| Tiempo para la relajación | Lento | Rápido |
| Actividad de las enzimas glucolíticas | Baja | Alta |
| Resistencia | Alta | Baja |
| Depósitos de glucógeno intramuscular | Sin diferencias | |
| Depósitos de triglicéridos intramusculares | Altos | Bajos |
| Contenido en mioglobina | Alto | Bajo |
| Actividad de las enzimas aeróbicas | Alta | Baja |
| Densidad capilar | Alta | Baja |
| Densidad mitocondrial | Alta | Baja |

Fuente: adaptada de Fleck, & Kraemer, 2014

Entonces vemos que las fibras musculares de **tipo I** presentan características adecuadas para el desarrollo de actividades de predominio aeróbico de baja intensidad y larga duración, ya que tienen una elevada capacidad mitocondrial, mayor densidad capilar y una gran actividad enzimática. Por otro lado, las fibras **tipo II** presentan mayor velocidad de fosforilación de la ATPasa, por lo que sus tiempos de contracción son veloces y se relajan más rápido; sus sustratos energéticos son de predominio anaeróbico, lo que las hace más susceptibles a fatigarse más rápido y por ello son ideales para actividades de corta duración y alta potencia.

Ha sido demostrada la existencia de varios subtipos de las fibras tipo I y tipo II. Particularmente, las fibras tipo II pueden ser del **tipo II a**, con características aeróbicas y anaeróbicas, o bien del **tipo II x** (llamadas anteriormente II b), que poseen características esencialmente anaeróbicas. En relación a la transformación de las fibras de un grupo a otro, se ha comprobado que esto ocurre dentro de un mismo grupo muscular, y que puede ocurrir en varias direcciones, exceptuando la transformación de un tipo de fibra I al tipo II (Pette, D. & Staron, R. S., 1997).

Los siguientes videos son bastante gráficos a la hora de explicar cómo opera la contracción muscular a nivel neurofisiológico:

- <https://www.youtube.com/watch?v=C4fmTt01bbo> (Resumen del mecanismo de la contracción muscular, 2015)
- <https://www.youtube.com/watch?v=jqy0i1KXU04> (Crash Course, 2012)

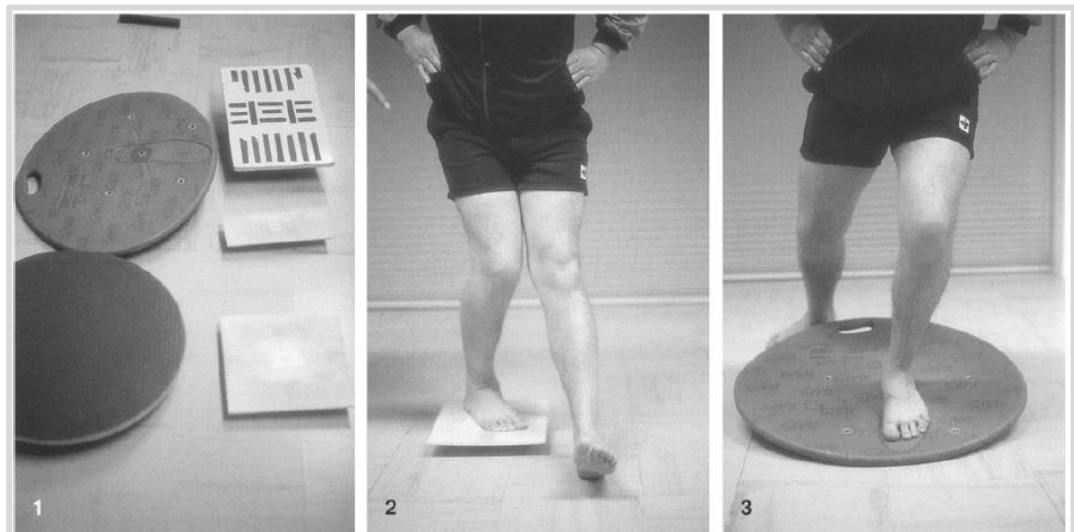


1.1.4 Objetivos de un correcto programa de entrenamiento

El correcto entrenamiento de la fuerza puede marcar la diferencia entre dos equipos de rendimiento parejo no solo durante un partido sino también a lo largo de una temporada. Las dos premisas fundamentales de un correcto programa de entrenamiento de la fuerza son: **mejorar la performance en la competencia** y **disminuir el riesgo de lesión**.

En relación a la incidencia en la prevención de lesiones, Caraffa, Cerulli, Progetti, Aisa y Rizzo (1996) encontraron disminuciones significativas de lesiones de ligamento cruzado anterior en jugadores de fútbol de la liga italiana luego de un entrenamiento propioceptivo con bases inestables. Los autores hicieron un seguimiento de tres temporadas a casi 600 jugadores de 40 equipos de Italia. Dividieron los grupos en grupos de control y experimentales. El grupo experimental realizaba ejercicios con bases inestables 20 minutos previos al entrenamiento durante cinco días a la semana. El grupo de control simplemente realizaba las sesiones. Luego del seguimiento, se encontró una incidencia de 1,15 lesiones de cruzado anterior por temporada por equipo en los que no se realizaba ningún ejercicio previo y solo del 0,15 por temporada en los equipos que realizaban el entrenamiento propioceptivo.

Figura 14: Tablas inestables que formaron parte del estudio

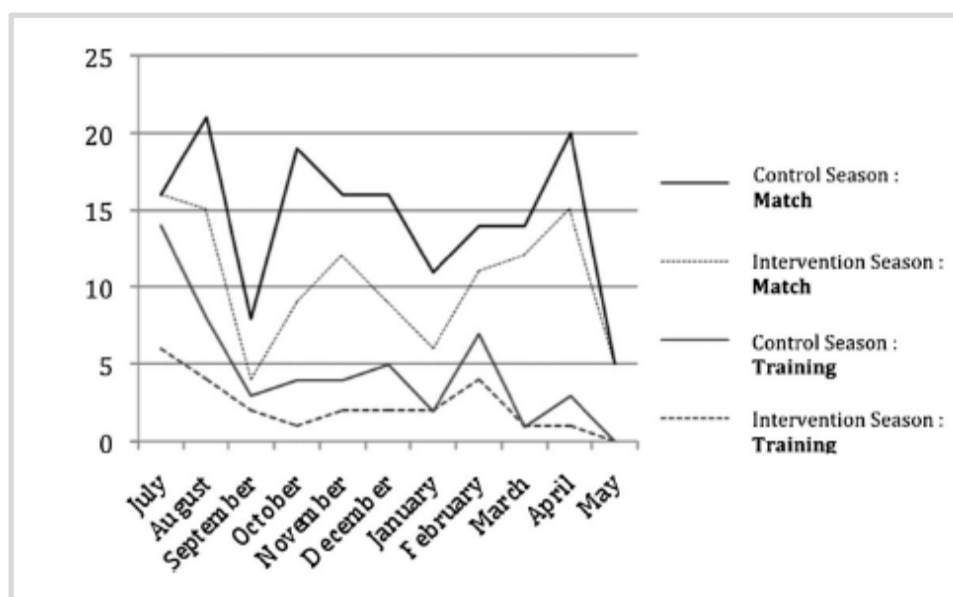


Fuente: Caraffa et al., Prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer (1996), p4:19-21.

Owen et al (2013) encontraron resultados similares en 49 futbolistas, quienes analizaron la incidencia de un programa de dos entrenamientos semanales durante una temporada. Cada sesión incluía ejercicios de

estabilidad, de fuerza, *core* y movilidad articular. Luego, los resultados de esa temporada fueron cotejados con los obtenidos en la temporada siguiente en la que no hubo intervención alguna.

Figura 15: Comparación de lesiones durante la temporada control versus temporada preventiva



Fuente: Owen et al., (2013) Effect of an injury prevention program on muscle injuries in elite professional soccer. The Journal of Strength & Conditioning Research, 27(12), 3275-3285.

Este estudio concluyó que un programa que involucre ejercicios de fuerza puede ayudar a disminuir efectivamente el riesgo de lesión en jugadores de fútbol, sobre todo de lesiones musculares.

Laursen, Bertelsen y Andersen (2014) realizaron un meta análisis que involucró 25 investigaciones, 26610 sujetos y 3464 lesiones. El objetivo de este análisis fue determinar el efecto de intervenciones de fuerza, propiocepción y estiramiento. Los autores concluyeron que el entrenamiento de fuerza y el trabajo propioceptivo influyen de manera significativa en la reducción de lesiones, mientras que los estiramientos no tuvieron incidencia. Asimismo, los trabajos de fuerza tuvieron efectos más positivos que el entrenamiento propioceptivo.

Si bien históricamente ha existido el mito de la inseguridad o peligrosidad del entrenamiento de pesas para deportistas, Hamill (1994) destacó la relativa seguridad de realizar entrenamientos de sobrecarga en jóvenes cuando se compara la cantidad de lesiones en esta disciplina en comparación con otras modalidades deportivas como el fútbol,



baloncesto o rugby. Para ello realizó un seguimiento estadístico de diferentes modalidades deportivas y revisó la cantidad de lesiones que se producían en competencias y entrenamientos. Mientras el fútbol presentaba 6,2 lesiones cada 100 horas de práctica y el básquet 1,92, el entrenamiento con pesas presentaba un número notablemente más bajo de 0,0035 lesiones.

Tabla 2: Sumario de lesiones y promedios comparativos por disciplina deportiva

| Table 1 Summary of Injury Statistics Derived From Survey | | | | | | | Table 2 Multi-Sport Comparative Injury Rates | |
|--|----------------|--------------|-------|--------------|--------------------|---------------------|--|--------------------------------------|
| Sport | Serious injury | Other injury | Total | Participants | Particip. hrs (PH) | Injuries per 100 PH | Sport | Injuries per 100 participation hours |
| Rugby | 10 | 40 | 50 | 520 | 6,250 | 0.8000 | Schoolchild soccer | 6.20 |
| Soccer/Rugby | 24 | 66 | 90 | 1,770 | 65,750 | 0.1400 | UK Rugby | 1.92 |
| Cricket | 0 | 3 | 3 | 950 | 18,525 | 0.0300 | South African Rugby | 0.70 |
| Athletics | 0 | 2 | 2 | | | | UK basketball | 1.03 |
| Winter sports† | 17 | 58 | 75 | 3,230 | 125,700 | 0.0600 | USA basketball | 0.03 |
| Summer sports† | 1 | 13 | 14 | 2,840 | 142,355 | 0.0098 | USA athletics | 0.57 |
| Soccer* | 0 | 7 | 7 | 1,300 | 50,300 | 0.014 | UK athletics | 0.26 |
| Basketball* | 0 | 9 | 9 | 2 sch. | ? | | UK Cross-country | 0.37 |
| Gymnastics* | 1 | 7 | 8 | 1 sch. | ? | | USA Cross-country | 0.00 |
| Badminton* | 0 | 4 | 4 | 1 sch. | ? | | Fives | 0.21 |
| Cross-country* | 0 | 3 | 3 | 1 sch. | ? | | P.E. | 0.18 |
| Tennis* | 0 | 3 | 3 | 1 sch. | ? | | Squash | 0.10 |
| WT/WL ^a | 1 | 0 | 1 | 4,698 | 80,725 | 0.0012 | USA football | 0.10 |
| Weight training | 1 | 2 | 3 | 520+ | 25,190 | 0.0120 | Badminton | 0.05 |
| Weightlifting | 1 | 1 | 2 | 560+ | 148,370 | 0.0013 | USA gymnastics | 0.044 |
| Total 3-5 | 3 | 3 | 6 | 5,868+ | 254,285 | 0.0023 | UK tennis | 0.07 |
| All WL (est) ^b | 2 | 1 | 3 | 1,634+ | 168,551 | 0.0017 | USA powerlifting | 0.0027 |
| All WT (est) ^c | 1 | 2 | 3 | 4,040+ | 85,733 | 0.0035 | USA tennis | 0.001 |
| | | | | | | | Rackets | 0.03 |
| | | | | | | | USA volleyball | 0.0015 |
| | | | | | | | Weight training | 0.0035 (85,733 hrs) |
| | | | | | | | Weightlifting | 0.0017 (168,551 hrs) |

^aTwo schools provided a partial analysis by individual sport; these figures do not include that analysis (indicated by *).
^bRespondents did not differentiate. ^cAssumes 25% of undifferentiated WT/WL time was WL and includes all WL injuries. ^cAssumes 75% of same (see^c) and includes all WT injuries.

Note. From data in Refs. 3, 12, 14, 19, 21, and 23.

Fuente: Hamill, 1994, 8(1), p 53-57.

Federaciones como la FIFA (Federación Internacional de Fútbol Asociado) proponen programas de entradas en calor destinados a la mejora de la fuerza y la prevención de lesiones, tales como el FIFA 11+. La sesión del programa nombrado está compuesta de 15 ejercicios divididos en tres partes con una duración aproximada de 20 minutos y debe ser realizada al menos dos veces por semana. Los componentes principales son: 1) una parte inicial de activación aeróbica y estiramientos; 2) ejercicios de *core* y fuerza de piernas; y 3) ejercicios de agilidad y cambios de dirección. Al Attar (2015), con el fin de analizar la efectividad de estas intervenciones, realizó un meta-análisis que involucró nueve estudios, 5481 individuos, 428633 horas de exposición y 1753 lesiones. Como



resultado encontró que aquellos jugadores que efectúen el FIFA 11+ tienen entre un 20% y un 50% más de chances de prevenir lesiones a largo plazo que aquellos que no realicen ningún entrenamiento de fuerza.

Pueden descargar el FIFA 11+ y ver videos explicativos en el siguiente enlace: <http://f-marc.com>

En relación a la mejora de la performance de los deportistas, son muchos los estudios que demuestran que un entrenamiento sistemático de fuerza conlleva el incremento de las capacidades físicas, como por ejemplo en el salto para rematar un balón de voleibol, el lanzamiento en béisbol y balonmano, el disparo en fútbol, el *scrum* en rugby, etcétera. Analizaremos a continuación algunos de esos estudios sobre la mejora en diferentes habilidades motrices como resultado de un entrenamiento de sobrecarga y su combinación con gestos técnicos específicos.

Newton y McEvoy (1994) analizaron la influencia de dos tipos de entrenamiento en la velocidad del lanzamiento de béisbol en jugadores de nivel amateur. Un grupo de jugadores efectuó lanzamientos con pelota medicinal de 3kg desde el pecho y sobre la cabeza y el otro grupo realizó ejercicios de *press* plano y *pullover*. La duración total del entrenamiento fue de ocho semanas y los resultados demostraron que, contrariamente a lo que esperaban los autores, el entrenamiento de fuerza tradicional produjo mejores resultados en la distancia máxima alcanzada y en la velocidad de los lanzamientos. De aquí se desprende la importancia de entrenar no solo con ejercicios específicos sino también con ejercicios de fuerza general.

Tabla 3: Comparación de la velocidad de lanzamiento y la Fuerza en 6 RM en jugadores de béisbol

| Velocidad del lanzamiento | | | | | | |
|---------------------------|---|---|-----|---|-----|----------|
| | | Previo entrenamiento (m . s ⁻¹) | | Post entrenamiento (m . s ⁻¹) | | |
| Grupo | N | M | DS | M | DS | % Cambio |
| Control | 8 | 32.5 | 1.6 | 32.3 | 2.3 | - 0.7 |
| MedBall | 8 | 31.0 | 1.9 | 31.5 | 1.5 | 1.6 |
| Ent. Pesas | 8 | 31.7 | 2.5 | 33.0 | 2.2 | 4.1* |

* Cambio significativo pre – post entrenamiento a p <0.05.

Fuente: Newton y McEvoy, 1994, 198-203



| 6 RM Fuerza Pre y Post Entrenamiento | | | | | | |
|--------------------------------------|---|---------------------------|------|-------------------------|------|----------|
| Grupo | N | Previo entrenamiento (Kg) | | Post entrenamiento (Kg) | | % Cambio |
| | | M | DS | M | DS | |
| Control | 8 | 59.6 | 12.3 | 61.6 | 12.9 | 3.4 |
| MedBall | 8 | 51.2 | 6.0 | 55.8 | 5.1 | 8.9* |
| Ent. Pesas | 8 | 48.7 | 5.4 | 59.8 | 5.0 | 22.8** |

* Cambio significativo pre – post entrenamiento a $p < 0.05$. + Diferencia significativa en porcentaje de cambio entre grupo Ent. Pesas y los otros dos grupos a $p < 0.05$.

Fuente: Newton y McEvoy, 1994, 198-203

En el vóleybol, Newton, Kraemer y Haekkinen (1999) analizaron el efecto de un entrenamiento de tipo balístico en el salto de ataque en 16 jugadores de nivel universitario de la National Collegiate Athletic Association, NCAA I y encontraron una mejora significativa del 6,3% luego de ocho semanas de entrenamiento en el salto con tres pasos de aproximación (de 78 a 83 cm).

En el fútbol se podrían tomar algunos conceptos de estos estudios y aplicarlos a acciones como el salto de cabeceo o el entrenamiento de gestos específicos del portero.

Analizaremos detenidamente los efectos de diversas intervenciones en diferentes acciones propias de los deportes en la unidad II.

