

CAPACIDADES FÍSICAS: VELOCIDAD ¿RAPIDO O LENTO?

Prof. Dra. Cristina Oleari

En la serie de artículos de este año sobre “**músculos en movimiento**” ya se ha profundizado sobre la fuerza y la elasticidad. Eso conllevó al análisis de la relación tensión – longitud del músculo cuando se está contrayendo. En el presente artículo va a entrar en juego otra cualidad: **la velocidad de contracción muscular**.

La velocidad de contracción del músculo depende del tipo de fibra lento o rápida prevalente en el músculo (recordemos que no hay ningún músculo de mamíferos que sean sólo con un tipo de fibras), es proporcional al número de sarcómeros en serie, es decir, la relación con la longitud del músculo (en contraposición con la fuerza que era proporcional a la cantidad de fibras en paralelo) y, también, se presenta en una relación inversa entre la Fuerza y la Velocidad.

Velocidad de contracción máxima en los diferentes tipos de fibras musculares

Cuando se desea medir la velocidad de contracción absoluta, esta se expresa como modificación de la longitud de la fibra (o del sarcómero) por segundo. La Velocidad máxima se puede comparar entre dos músculos de diferente porcentaje y distribución del tipo de fibras. Son conocidas tres tipos de fibras I (LO- oxidativa lenta), IIA (ROG- oxidativa glucolítica rápida) y IIB (RG- glucolítica rápida). Las fibras de contracción rápida (tipo II) se acortan 2 ó 3 veces más rápido que las de contracción lenta (tipo I) en velocidades máximas.

La medición de la Velocidad máxima en fibra “pelada” (fibras musculares aisladas de músculos) confirmó que los tipos IIB presentan mayor velocidad que las fibras IIX, mayor que las fibras IIA y mayor velocidad que las fibras tipo I. (Schiaffino 1991; Lieber 2004). Por lo que, si el músculo tiene mayor porcentaje de fibras II va a poder desarrollar más velocidad. La realidad indica que en las sinergias (contracción simultanea de músculos con iguales funciones) muchas veces participan músculos de muy diferente constitución de fibras, por lo que va a tener que tenerse en cuenta otras características. Muchas veces participan en un movimiento, dos o mas músculos realizando una sinergia, esta es optima cuando esos músculos sinérgicos son de diseños estructurales muy diferentes, por lo que se logra un rango mas amplio de propiedades contráctiles con una masa muscular mas pequeña.

Los siguientes cuadros ya se publicaron en Kine 136 pg 10. Ver si se remite a ellos o se vuelven a incorporar.

	<i>Tipo I</i>	<i>Tipo IIA</i>	<i>Tipo IIB</i>
Nombres	Roja Oxidativa lenta	Blanca Oxidativa glucolítica rápida Sacudida rápida	Glucolítica rápida
Velocidad de contracción	Lenta	Rápida	Rápida
Fuerza de contracción	Baja	Alta	Alta
Fatigabilidad	Resistencia a la fatiga	Fatigable	La más fatigable
Capacidad aeróbica	Alta	Moderada	Baja
Capacidad anaeróbica	Baja	Moderada	Alta
Tamaño de la unidad motora	Pequeño	Grande	El mayor
Densidad capilar	Alta	Alta	

Tabla 4-2. Distribución del porcentaje de tipo de fibra rápida o lenta en cada músculo

Músculo	Localización	Porcentaje de lentas	Porcentaje de rápidas
Bíceps femoral		67	33
Gastrocnemio	Externo superficial	43	56
	Externo profundo	50	50
	Interno	50	50
Sóleo	Superficial	86	13
	Profundo	89	11
Supraespinosos		60	40
Deltoides	Superficial	53	47
	Profundo	61	39
Orbicular de los párpados		15	85
Recto abdominal		46	54
Recto anterior	Lateral superficial	30	70
	Lateral profundo	42	58
	Medio	43	57
Vasto lateral	Superficial	33	67
	Profundo	46	54
Vasto medial	Superficial	43	57
	Profundo	61	39

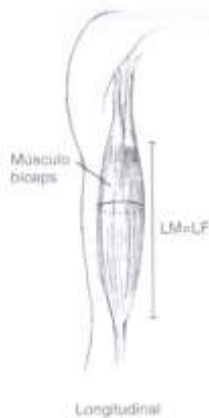
Modificada de Handbook of Physiology, 1983 y Johnson *et al.*, 1973.

Sarcómeros en serie- Longitud del músculo.

Muchas veces, la longitud de la fibra no es igual a la longitud del músculo.

La disposición en serie de las fibras cortas se activan simultáneamente reguladas por la misma unidad motora, por lo que pueden actuar de manera eficaz tanto como fibras musculares largas.

Cuando los músculos presentan sus fibras paralelas al eje mayor del músculo, se los clasifica como músculos fusiformes y son aquellos que van a mover las palancas óseas a mayor velocidad angular por unidad de tiempo, es decir, van a generar movimientos de más velocidad.



Relación fuerza- velocidad describe la fuerza generada por un músculo como una función de la velocidad bajo condiciones de carga constantes. También se puede analizar la velocidad de contracción según la fuerza que se le impone mover al músculo.

En la década del '70 Hill presentó una ecuación que se sigue utilizando hasta el presente, en la que relaciona la fuerza muscular con la velocidad, y explicó cuánta energía era consumida por un músculo durante la contracción a diferentes velocidades.

- FORMULA HILL: $(F + a) \cdot V = (F_0 - F) \cdot b$

donde: F_0 = tensión isométrica máxima

F = tensión para la carga actual

V = velocidad de acortamiento

a = constante relacionada con Fuerza (0.25)

b = constante relacionada con Velocidad

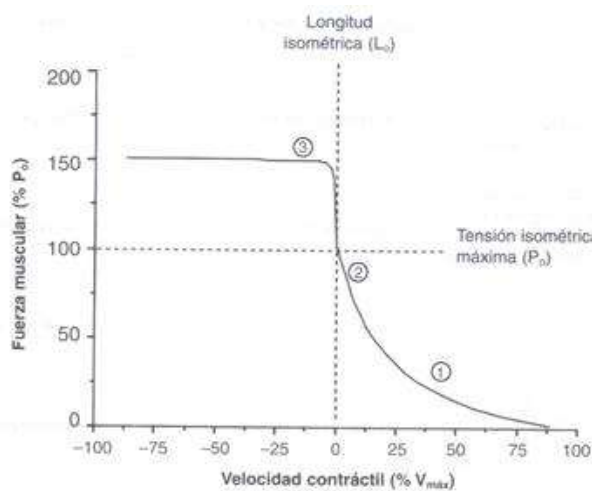
$$V_{\max} = b \cdot F_0 / a$$

La ecuación expresa matemáticamente que la fuerza F generada en el músculo siempre es menor que la Fuerza máxima del musculo F_0 . Si la carga que el musculo tiene que levantar disminuye, la velocidad de contracción incrementa.

Experimentalmente se puede determinar la relación fuerza velocidad, para contracciones isotónicas individuales. La velocidad de contracción para una carga dada se representa en porcentajes de velocidad máxima (vel max) y la carga en porcentaje de la máxima contracción voluntaria. Así, cuando el % de fuerza máxima aumenta (por ejemplo, Fuerza 75% de P_0) la velocidad de contracción es menor (6% de Velocidad máxima); y, cuando la fuerza disminuye en % (25% de P_0) la velocidad aumenta (por ejemplo 40% de la Vel max).

Experimentalmente está demostrado que un músculo se estimula al máximo con un acortamiento (activación concéntrica) o alargamiento (activación excéntrica) contra una carga constante y se puede medir la velocidad muscular en relación a esa fuerza de resistencia

Se podría representar de manera genérica esta relación fuerza – velocidad como una relación inversamente exponencial (FIG 2-7) en la cual en el eje horizontal de las "x" se representa la Velocidad, y en el vertical de las "y" se representa la fuerza muscular relativa a la fuerza máxima (P_0)



(Lieber)

¿Qué nos está diciendo esta curva?

En la práctica, cuando alguien quiere mover una carga con algún grupo muscular, nota que lo puede hacer a distintas velocidades, siempre y cuando esa carga no represente un alto porcentaje de su máxima capacidad de desarrollar fuerza con esos músculos. Pero, si se sigue elevando la carga, para el mismo grupo muscular, la velocidad de ejecución de ese movimiento comienza a disminuir, hasta que si se supera las máximas capacidades, la velocidad de hace igual a cero. La máxima carga que un grupo muscular puede ejecutar con recorrido completo y una sola repetición se denomina 1RM (una repetición máxima) y experimentalmente, para esa persona, se considera que es el 100% de sus posibilidades. A estos porcentajes altos de fuerza, la velocidad es mínima. Cuando el % de carga a mover es cerca del 20%, la velocidad de contracción va a ser máxima y se va a poder desarrollar la máxima potencia.

Es muy interesante aplicar este concepto cuando se está queriendo desarrollar programas de entrenamiento ya que se deberían basar las progresiones de cargas, repeticiones, series y velocidades de contracción en la evaluación inicial, saber cuál es el 100 % para ese grupo muscular y ese movimiento y graduar los porcentajes. Después de analizar esta relación y ver el comportamiento de la curva, se tendría que desprender que si se eleva la carga o resistencia a

vencer a más del 40 %, la velocidad va a ir siendo cada vez menor; y, si se desea realizar una ejecución del movimiento a velocidad no se puede pretender mover grandes cargas.

RENDIMIENTO OPTIMO DEL MÚSCULO

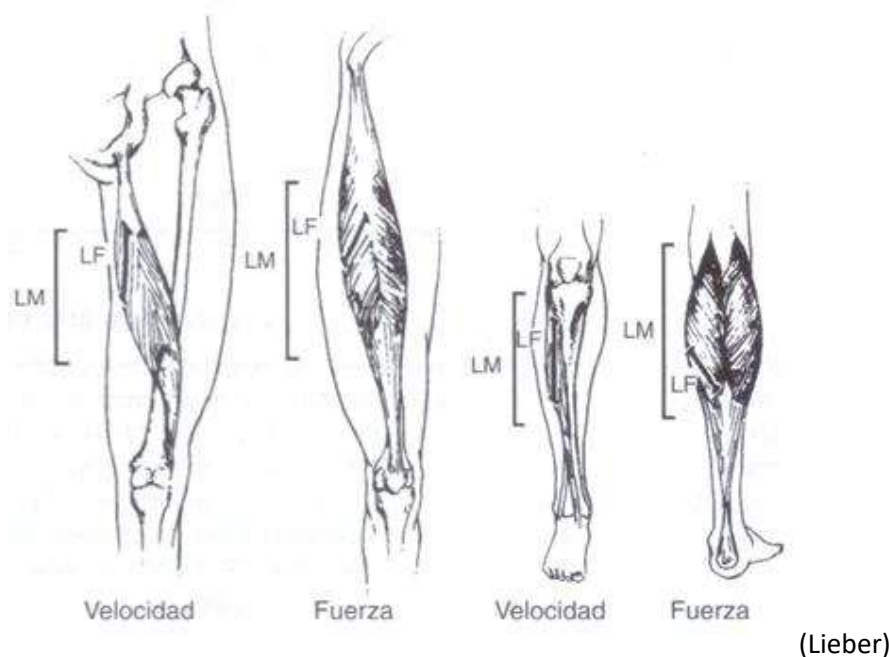
- Si la velocidad muscular es alta, la fuerza sera baja sin importar la longitud
- A velocidades concentricas bajas, la longitud es un modulador de la fuerza
- A velocidades excentricas, la velocidad domina como determinante de la fuerza

Esta relación cobra importancia al querer comprender el papel del control motor en las acciones musculares. Durante las actividades normales de la vida diaria, las activaciones son submáximas y tanto la frecuencia, la longitud y la velocidad se va modificando a lo largo del desarrollo del movimiento, no se da una máxima activación de manera constante. (Lieber 64 y Owen cap 10)

Adaptación funcional a la velocidad

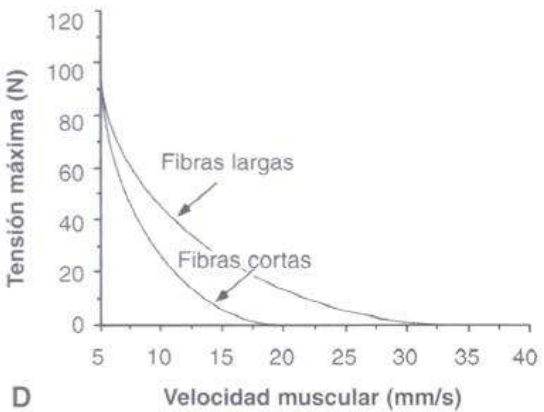
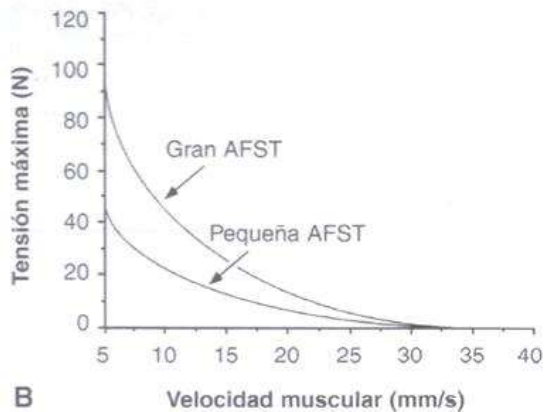
Además de poder hacer el test o evaluación experimental sobre la relación fuerza velocidad en cada individuo, para cada grupo muscular y determinadas cargas, se puede anticipar qué grupos musculares están más preparados para realizar movimientos veloces (en relaciona a aquellos que están adaptados a generar más fuerza).

Es así que se puede analizar que el MUSCULO ADAPTADO A VELOCIDAD presenta fibras largas, menos numerosas, paralelas, levantan menos carga a mas distancia, desplazamientos largos, con brazo de palanca corto. Por ejemplo ISQUIOTIBIALES Y DORSIFLEX del pie con $< AFST > LF/LM$



Como contraparte, se observan aquellos adaptados más a la fuerza con características de fibras cortas, mas numerosas, $> AFST$, penadas, levantan mas carga a menor distancia, con brazo de palanca largo. Por ejemplo el CUADRICEPS Y TRICEPS sural con $> AFST < LF/LM$

En los siguientes gráficos se comparan dos músculos: uno, de mayor área fisiológica de sección transversal (AFST) es decir de mayor cantidad de fibras musculares con otro de menor AFST, para analizar la relación fuerza velocidad entre ellos. Lo que queda evidente es que, a una misma velocidad de contracción, el músculo con mayor sección transversal (Gran AFST) puede desarrollar más tensión (más fuerza) que aquel con menor AFST. Por ejemplo: a 15 mm/seg de constraccion, el de gran AFST genera una fuerza de 40 N y el de pequeña AFST la mitad (20N).



Así también, en la figura superior, se compararon dos músculos de diferentes longitudes de fibras. En estas curvas de relación fuerza – velocidad quedan evidenciada la adaptación a la velocidad de los músculos con fibras largas; a una misma generación de fuerza (por ejemplo a una tensión de 20 N) el músculo de fibras largas se acorta a una velocidad cerca de 20 mm/ seg y el de fibras cortas entre 10 y 15 mm/seg. (Lieber)

Adaptación al entrenamiento

Contracciones dinámicas, rápidas y poco intensas (de bajo % de carga máxima) generan MUSCULOS RAPIDOS Y FLEXIB, en relacion a los entrenamientos con Contracciones estáticas, lentas e intensas (alto % de carga máxima) generan MUSCULOS FUERTES Y LENTOS

En el gráfico inferior, la primera curva muestra cómo se mejoró la fuerza, a iguales velocidades cuando se entrenó con ejercicios lentos; en cambio en la segunda curva, se observa que a igual fuerza, se ganó en velocidad de contracción posterior a un entrenamiento con ejercicios de movimientos rápidos-

