

Monograph

Consideraciones sobre la Manifestación y el Desarrollo de la Fuerza y la Potencia Muscular

¹Universidad Pablo de Olavide, Sevilla (España).

Palabras Clave: fuerza explosiva, carácter del esfuerzo, tasa de desarrollo de la fuerza

INTRODUCCION

La mejora de la fuerza muscular se ha atribuido tanto al aumento de la sección transversal del músculo como a la coordinación neuromuscular. Típicamente, para el aumento de la masa muscular se utilizan cargas medias (70-80% de 1RM), con las que se realiza el máximo o casi máximo número de repeticiones por serie posible, mientras que la mejora de los factores neuromusculares se asocia con la aplicación de cargas altas, iguales o superiores al 85% de 1RM. No obstante, tanto los cambios estructurales como la activación y mejora de la función neuromuscular parece que dependen también en gran medida de la intención del sujeto en alcanzar la máxima producción de fuerza en la unidad de tiempo en cada acción muscular, cualquiera que sea la carga que se utilice. (González-Badillo y Serna, 2002, Behm y Sale, 1993). Por tanto, factores de tipo dinámico y cinemático, como la fuerza y la velocidad relativas alcanzadas al desplazar una carga, constituyen una parte importante del desarrollo y la manifestación de la fuerza.

Pero antes de proponerse programar un entrenamiento de fuerza es necesario tener claros algunos conceptos básicos relacionados con la manifestación de la fuerza y con su denominación. Estos conocimientos deben ser el punto de partida para programar el entrenamiento y para saber qué hemos de medir para comprobar los efectos, cómo hemos de medir, cuándo hacerlo y para qué. Cuando hablamos de la medición y valoración de la manifestación de la fuerza, lo único que podemos y tenemos que medir son el pico de fuerza conseguido y el tiempo necesario para llegar a alcanzarlo, es decir, valor de la fuerza que se mide y se quiere analizar y relación entre esa fuerza y el tiempo necesario para conseguirla. La relación fuerza-tiempo da lugar a lo que se conoce como curva fuerza-tiempo (C f-t). Cuando la fuerza se mide en acción dinámica, la C f-t tiene un equivalente en la curva fuerza-velocidad (C f-v). Del producto de la fuerza aplicada ante una resistencia y de la velocidad a la que se desplaza dicha resistencia surge la curva de potencia, que se deriva directamente de la curva fuerza-velocidad y evoluciona de manera paralela a ella y a la C f-t.

CONCEPTO DE FUERZA EN EL DEPORTE

La Fuerza Aplicada

La fuerza, desde el punto de vista de la mecánica, es toda causa capaz de modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo, así como la causa capaz de deformar los cuerpos, bien por presión (compresión o intento de unir las moléculas de un cuerpo) o por estiramiento o tensión (intento de separar las moléculas de un cuerpo).

Desde el punto de vista fisiológico, la fuerza se entiende como la capacidad de producir tensión que tiene el músculo al activarse. Teóricamente, esta capacidad está en relación con una serie de factores, como son: el número de puentes cruzados de miosina que pueden interactuar con los filamentos de actina (Goldspink, 1992), el número de sarcómeras en paralelo, la tensión específica o fuerza que una fibra muscular puede ejercer por unidad de sección transversal (N cm^{-2}) (Semmler y Enoka, 2000), la longitud de la fibra y del músculo, el tipo de fibra y los factores facilitadores e inhibidores de la activación muscular. Otras cuestiones, relacionadas con las anteriores, como el ángulo articular donde se genera la tensión muscular, el tipo de activación y la velocidad del movimiento son también determinantes en la producción de tensión en el músculo (Harman, 1993).

La tensión se produce durante la activación del músculo, la cual tiene lugar cuando el músculo recibe un impulso eléctrico y se libera la energía necesaria, lo que dará lugar a la unión y desplazamiento de los filamentos de actina y miosina en el sentido de acortamiento sarcomérico y elongación tendinosa. Por tanto, el término "activación" puede ser definido como el estado del músculo cuando es generada la tensión a través de algunos filamentos de actina y miosina (Komi, 1986). La mayor o menor rapidez en la activación depende de la tensión producida en la unidad de tiempo, sin tener en cuenta la velocidad del movimiento e incluso ni siquiera si existe movimiento o no.

Existen dos fuentes de fuerzas en permanente interacción: las fuerzas internas, producidas por los músculos esqueléticos, y las fuerzas externas, producidas por la resistencia (fuerza) de los cuerpos a modificar su inercia (estado de reposo o movimiento). Como resultado de esta interacción entre fuerzas internas y externas surge el concepto de *fuerza aplicada*. La fuerza en el deporte es la fuerza aplicada. La fuerza aplicada es el resultado de la acción muscular sobre las resistencias externas, que pueden ser el propio peso corporal o cualquier otra resistencia o artefacto ajeno al sujeto. Por tanto, la fuerza aplicada es la *manifestación externa de la tensión interna generada en el músculo*. Lo que interesa en el deporte es saber en qué medida la fuerza interna generada en los músculos se traduce en fuerza aplicada sobre las resistencias externas. Dado que en un mismo sujeto, la fuerza aplicada depende del tiempo disponible para aplicar fuerza o de la *velocidad* a la que se desplaza la resistencia, la fuerza aplicada se puede definir como la *manifestación externa* (fuerza aplicada) que se hace de la *tensión interna generada en el músculo o grupo de músculos a una velocidad determinada* (adaptada de Knuttgen y Kraemer, 1987), y también como la *manifestación externa* (fuerza aplicada) que se hace de la *tensión interna generada en el músculo o grupo de músculos en un tiempo determinado* (González-Badillo, 2000, 2002). Si la fuerza aplicada se realiza en las condiciones específicas de *tiempo y velocidad* propias del ejercicio de competición, estaremos ante la *fuerza útil* del sujeto. De estas definiciones se desprende que un sujeto tiene tantos valores de fuerza máxima como resistencias se le opongan para expresar la fuerza, porque las distintas resistencias (pesos) a vencer darán lugar a distintas velocidades y a distintos tiempos en los que se aplicará la fuerza

La magnitud de la tensión generada en el músculo no se corresponde con la magnitud de la fuerza medida externamente (fuerza aplicada). Es bien conocido que si se estimula eléctricamente un músculo aislado, la máxima tensión estática se produce a una longitud ligeramente superior a la de reposo. Por otra parte, la resistencia que ofrece la fuerza externa (peso) a la musculatura agonista no es la misma durante todo el recorrido de la articulación o articulaciones que intervienen en el movimiento. La mayor resistencia ofrecida coincide con el máximo momento de fuerza que se origina a través del recorrido articular. Por ejemplo, al hacer una flexión de codo en posición vertical con un peso libre, el máximo momento de fuerza se produce a un ángulo aproximado de 90° . En esa longitud del músculo es precisamente cuando éste puede desarrollar su mayor tensión (mayor fuerza), que será la máxima posible si la resistencia es máxima, pero también es precisamente en ese momento, debido a la desventaja mecánica, cuando más lento es el movimiento en todo el recorrido. Esto significa que en el momento de máxima tensión (máxima fuerza interna), la fuerza aplicada será pequeña, ya que la velocidad disminuye claramente sin cambios notables de aceleración, y la fuerza aplicada, por tanto, será equivalente o ligeramente superior a la fuerza que corresponde al propio peso de la resistencia a desplazar. En la figura 1 se puede apreciar que la fuerza aplicada en una sentadilla cuando el ángulo de la rodilla es aproximadamente de 90° es muy pequeña en relación con la fuerza que representa la resistencia desplazada. La fuerza aplicada a mitad del recorrido de la fase concéntrica es equivalente, e incluso inferior, a la fuerza que representa la propia carga. En la figura se puede observar que la fuerza que representa la carga es la que aparece antes de la línea discontinua que marca el "inicio del movimiento".

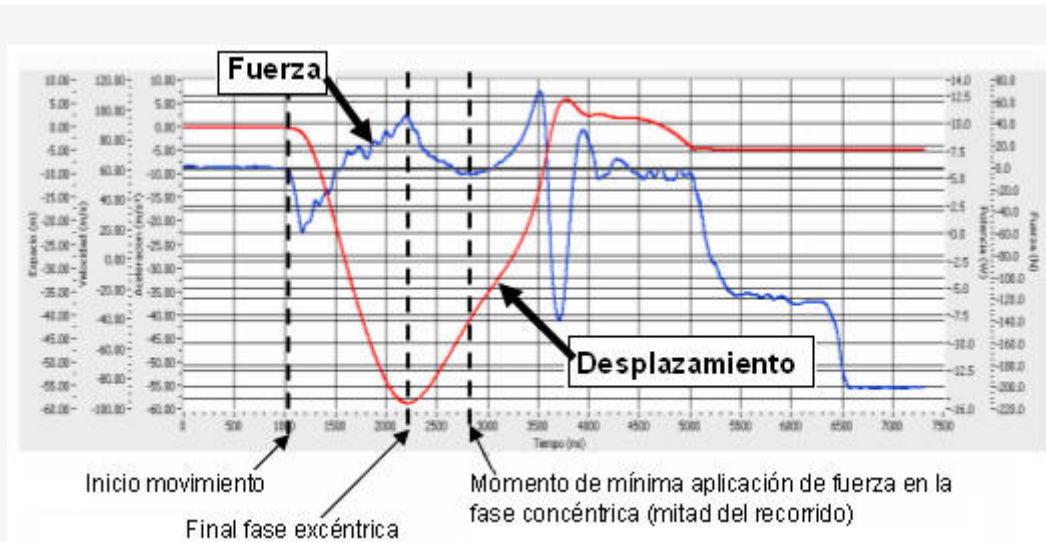


Figura 1. Medición directa de la fuerza aplicada (línea azul) en una sentadilla completa en relación con el desplazamiento (línea roja). (Datos de nuestro laboratorio no publicados).

Relación entre la Fuerza y el Tiempo

Cuanto mayor es el tiempo disponible para aplicar fuerza, dentro de ciertos límites (hasta 3-4 s), mayor es la posibilidad de aplicar fuerza. El aumento del tiempo depende de que podamos o queramos medir más o menos tiempo en una acción estática (isométrica) o de que la carga a desplazar (acción dinámica) se eleve progresivamente. Por el contrario –y esto se deduce de lo anterior–, cuanto mayor sea la velocidad del desplazamiento (menor carga) menos tiempo tendremos para aplicar fuerza, y, por tanto, la *velocidad* a la que hay que aplicar fuerza aumenta *a medida que se mejora el rendimiento*. Dado que en un gran número de acciones deportivas el rendimiento se decide por la mejora de la velocidad con la que se realizan dichas acciones, hemos de convenir que a medida que mejora el rendimiento deportivo empeoran las condiciones para aplicar fuerza: el sujeto cada vez tendrá menos tiempo para aplicar fuerza, ya que la misma acción ha de realizarse a mayor velocidad si se quiere mejorar el rendimiento. Por tanto, a medida que mejora el rendimiento se reduce el tiempo para aplicar fuerza, y la única solución para mejorar el rendimiento es mejorar la relación fuerza-tiempo, es decir, aplicar más fuerza en menos tiempo.

La relación fuerza tiempo se expresa a través de la curva fuerza-tiempo (C f-t). La C f-t puede utilizarse tanto para mediciones estáticas como dinámicas. Las modificaciones positivas en la C f-t se producen cuando la curva se desplaza hacia la izquierda y arriba, lo que significa que para producir la misma fuerza se tarda menos tiempo o que en el mismo tiempo se alcanza más fuerza. Cualquier modificación que se produzca en la C f-t vendrá reflejada también en la curva fuerza-velocidad (C f-v) y viceversa. Si los resultados de una medición de fuerza se expresan a través de la C f-v, las modificaciones positivas se producen cuando la curva se desplaza hacia arriba y a la derecha, y esto significa que la misma resistencia se desplaza a mayor velocidad o que a la misma velocidad se desplaza más resistencia. Producir la misma fuerza en menos tiempo (C f-t) es lo mismo que desplazar la misma resistencia a mayor velocidad (C f-v). De la misma manera, alcanzar más fuerza en el mismo tiempo (misma velocidad) es lo mismo que desplazar una resistencia mayor a la misma velocidad.

Al hablar de la C f-t podemos considerar el pico o valor de fuerza que se alcanza y el tiempo empleado para alcanzarlo. Más importante que el pico máximo de fuerza que se pueda alcanzar es el resultado de la relación entre la fuerza producida (fuerza manifestada o aplicada) y el tiempo necesario para ello. Cuanto mayor sea esta relación, mayor será la pendiente de la C f-t. Esta relación nos indica cuál ha sido la producción de fuerza en la unidad de tiempo, y, por tanto, viene expresada en $N s^{-1}$. En el argot del entrenamiento deportivo, a esta relación se le denomina –o se le debería denominar– fuerza explosiva. Si la medición de la fuerza se ha hecho de forma estática, los valores que resulten serán de fuerza explosiva estática, si se ha hecho en acción dinámica, lo que obtenemos es la fuerza explosiva dinámica, y si hemos podido medir la producción de fuerza durante la fase estática y la dinámica en la misma ejecución, tendremos ambos valores de fuerza explosiva y la relación entre ambos. En la literatura internacional considerada como "científica", la expresión de fuerza explosiva es la denominada "*rate of force development*" (RFD), que expresa la "proporción, tasa o rapidez de desarrollo o producción de fuerza en relación con el tiempo", y se expresa en $N s^{-1}$. Este término está muy generalizado, y se utiliza tanto en los estudios sobre la fisiología de la activación muscular como en la medición de la fuerza y en la metodología del entrenamiento (Hakkinen y col., 1984; Aagaard y Andersen; 1998; Sale, 1991; Schmidbleicher, 1992; Wilson y col., 1995; Young, 1993; Young y Bilby, 1993; Siff, 2000). Con frecuencia, esta RFD se expresa como la pendiente

de la C f-t.

Si hiciéramos infinitas medidas de la producción de fuerza en la unidad de tiempo (fuerza explosiva) entre dos puntos de la C f-t, nos encontraríamos que existe un momento en el que la producción de fuerza por unidad de tiempo es la más alta de toda la curva. El tiempo en el que se mide esta producción de fuerza es en la práctica de 1 a 10 ms. Cuando en la literatura internacional se necesita utilizar este término, la "rate of force development" se expresa con RFD máxima (RFD_{max} o MRFD). A este valor de fuerza explosiva se le llama, lógicamente, fuerza explosiva máxima (FEmáx), y se define como la máxima producción de fuerza por unidad de tiempo en toda la producción de fuerza, o la mejor relación fuerza tiempo de toda la curva. Sería, por tanto, el punto de máxima pendiente. Si se mide la fuerza estáticamente o si se mide la fase estática de una acción dinámica, la FEmáx casi siempre se habrá producido ya a los 100ms de iniciar la producción de fuerza, coincidiendo, lógicamente, con la fase de máxima pendiente de la curva. Esta expresión de fuerza tiene una característica muy especial: en el momento de alcanzar esta máxima producción de fuerza por unidad de tiempo se está manifestando una fuerza muy próxima al 30% de la fuerza isométrica máxima (FIM) que el sujeto alcanzará en esa misma activación voluntaria máxima que se está ejecutando y midiendo. Este hecho está descrito en la literatura, como por ejemplo en Hakkinen y col. (1984), y lo hemos podido comprobar personalmente en repetidas ocasiones y en varios grupos musculares (González-Badillo, J.J. y Gorostiaga, 1995).

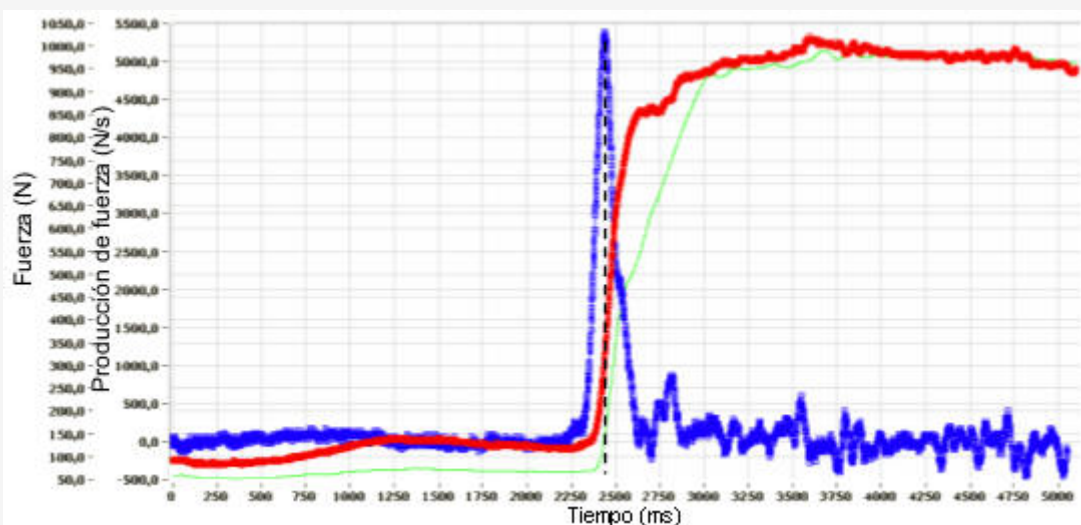


Figura 2. Medición directa de la fuerza isométrica máxima (línea roja) y producción de fuerza en la unidad de tiempo (línea azul) en un press de banca. La línea negra discontinua marca el momento en el que se produce el pico máximo de producción de fuerza en la unidad de tiempo (fuerza explosiva máxima) y el valor de fuerza que ha alcanzado el sujeto en ese momento (datos de nuestro laboratorio no publicados).

En la Figura 2 se presenta la medición directa de la FIM y producción de fuerza en la unidad de tiempo en un press de banca. El pico máximo de producción de fuerza se alcanza cuando el sujeto está aplicando 311 N, que representa el 30,4 % del pico máximo de la fuerza isométrica, que es de 1021 N. El tiempo transcurrido hasta el pico máximo de producción de fuerza es de 103 ms.

Si consideramos una acción dinámica, es bien sabido que antes de iniciar el desplazamiento de una resistencia tenemos que aplicar, en acción estática o isométrica, una fuerza ligeramente superior a la fuerza que representa la propia resistencia, pues de lo contrario el peso no se movería. Por tanto, si la resistencia es superior al 30% de la FIM del sujeto, antes de que se inicie el desplazamiento ya se habrá podido aplicar la fuerza necesaria como para alcanzar un valor de producción de fuerza por unidad de tiempo equivalente a la FEmáx. Si, por el contrario, la resistencia fuera inferior a dicho 30% de la FIM, el cuerpo empezaría a moverse antes de haber aplicado la fuerza necesaria para producir la máxima FE, por lo que el valor máximo de FE ya no se podría alcanzar, ya que el cuerpo empieza a desplazarse y la fuerza aplicada por unidad de tiempo será menor cuanto mayor sea la velocidad de desplazamiento. De todo esto se deduce fácilmente que la FEmáx se produce en la fase estática de cualquier desplazamiento de una resistencia, y que si la resistencia es muy pequeña no se va a poder alcanzar dicha FEmáx (Figura 3).

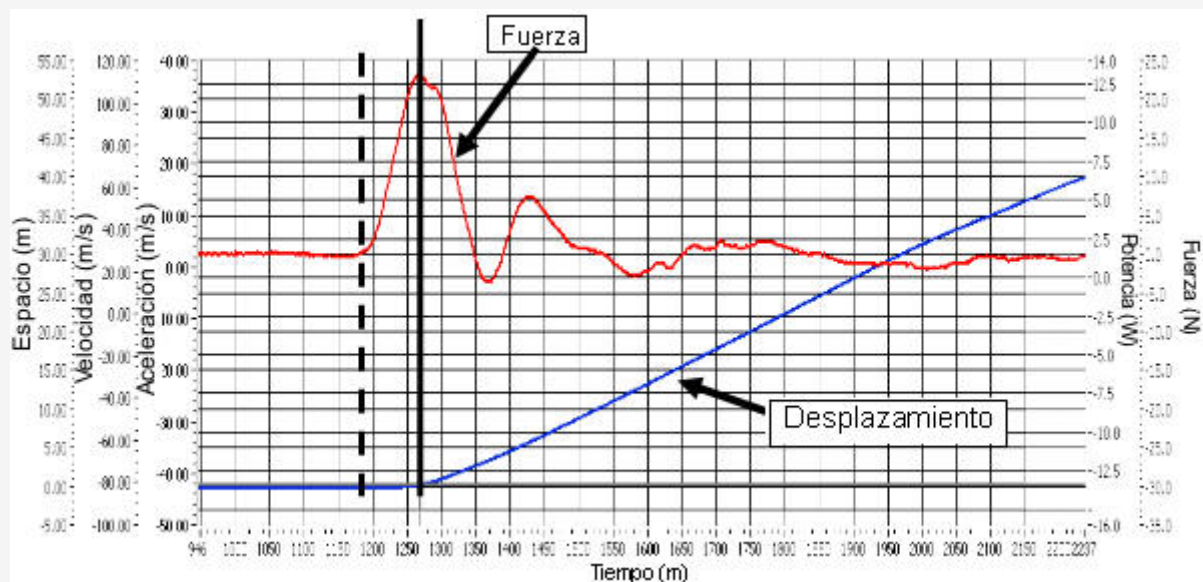


Figura 3. Medición directa de la fuerza y el desplazamiento en un ejercicio de press de hombros. La máxima producción de fuerza en la unidad de tiempo (máxima pendiente) se alcanza antes de que se inicie el desplazamiento. La línea vertical discontinua indica el inicio de la aplicación de fuerza y la línea vertical continua el inicio del desplazamiento (datos de nuestro laboratorio no publicados).

El valor y la mejora de la producción de fuerza en la unidad de tiempo son más importantes para el rendimiento deportivo que el pico máximo de fuerza (PMF) alcanzado, aunque también, a su vez, la mejora del PMF puede ser importante para mejorar la FE. En la mayoría de los deportes, cuanto mejor sea el nivel deportivo del sujeto, mayor será el papel que desempeña la FE en el rendimiento deportivo del más alto nivel (Zatsiorsky, 1993), porque cuando mejora el rendimiento, el tiempo disponible para realizar el movimiento, es decir, para aplicar fuerza, disminuye. Luego adquiere mucha relevancia la capacidad de producir fuerza en la unidad de tiempo (Zatsiorsky, 1995). El valor de FE al inicio de la curva es un factor limitante cuando se desplazan resistencias ligeras o, lo que es lo mismo, cuando se dispone de muy poco tiempo para aplicar fuerza (Sale, 1992). En estos casos, la fase concéntrica (dinámica) comenzará muy pronto, por lo que es importante que en ese momento la pendiente de la curva sea muy elevada. Esto va a determinar el valor del impulso ($F \cdot t$) que se genere en dicha fase dinámica, que es lo que marca el rendimiento.

Producción de Fuerza en la Unidad de Tiempo (Fuerza Explosiva), Resistencias (Pesos) y Velocidad del Movimiento

En términos generales, podemos decir que la capacidad de expresar rápidamente la fuerza está en relación con la composición muscular, sobre todo con el porcentaje de fibras rápidas, la frecuencia de impulso, la sincronización, la coordinación intermuscular (técnica), la fuerza máxima y la velocidad (absoluta, sin cargas) de acortamiento del músculo.

La velocidad máxima de acortamiento del músculo está en relación con la composición muscular. Se define como el índice de acortamiento por sarcómera y por longitud del músculo. La capacidad de acortamiento de un músculo está, en parte, determinada por el número de sarcómeras en serie y también por la velocidad intrínseca de acortamiento de las sarcómeras. Por tanto, la velocidad máxima es proporcional a la longitud de la fibra muscular o número de sarcómeras en serie (Edgerton y col., 1986). Pero hay razones para creer que la velocidad máxima de acortamiento del músculo expresa la máxima tasa de formación de puentes cruzados (ciclos de formación y liberación de los puentes cruzados en la unidad de tiempo) (Edman, 1992). Si la velocidad máxima representa la máxima velocidad a la cual pueden producirse los ciclos de puentes cruzados, se puede sugerir que la velocidad es independiente del número de puentes cruzados (Edman, 1992). Esta sugerencia se ha podido comprobar experimentalmente al medir la velocidad de acortamiento de distintas fibras a diferente longitud de las sarcómeras -y, por tanto, con distinto número de puentes cruzados formados-, comprobándose que la velocidad con cualquiera de las fibras se mantiene constante (cada fibra a su velocidad, según el tipo de fibra) a todas las longitudes de la sarcómera, desde 1,7 a 2,7 μm . Por otra parte, la capacidad para producir puentes cruzados a mayor o menor velocidad depende, a su vez, de factores genéticos (tipo de miosina de las sarcómeras) y de la actividad de la enzima ATPasa para hidrolizar ATP. Por tanto, la velocidad de acortamiento de la sarcómera también está en relación con el tipo de miosina de los puentes cruzados (Goldspink, 1992).

La frecuencia de impulsos nerviosos que llegan al músculo juega un papel decisivo en la producción rápida de fuerza, ya que una vez alcanzada la frecuencia de estímulo mínima para alcanzar la máxima fuerza isométrica (unos 50 Hz), una

mayor frecuencia de estímulo no mejorará el pico máximo de fuerza, pero sí permitirá alcanzar dicho pico en menos tiempo, lo cual significa que la producción de fuerza en la unidad de tiempo será mayor (Sale, 1992).

Sin embargo, no se debe confundir o identificar la *fuerza explosiva* con la velocidad del movimiento, aunque exista relación entre ambas. Si la *velocidad* del movimiento es muy elevada (*resistencias* menores que el 25-30% de la FIM), la *fuerza explosiva máxima* no se puede alcanzar, y si la resistencia es superior al 30% de la FIM, lo que da lugar a una *velocidad* progresivamente decreciente, la *fuerza explosiva máxima* no varía, ya que la fuerza mínima necesaria para alcanzar el pico máximo de producción de fuerza en la unidad de tiempo ya se ha alcanzado cuando se aplica dicho 30% de la FIM. Por tanto, no tiene sentido asociar el entrenamiento de la FEmáx únicamente con movimientos muy rápidos. Esto no quiere decir que no haya que entrenar con movimientos de estas características, ni mucho menos, más bien diríamos todo lo contrario, pues estos movimientos serán muy importantes para mejorar muchos aspectos del rendimiento deportivo, pero sí que debemos ser conscientes de que en estos casos vamos a mejorar la FE con resistencias pequeñas, lo cual es muy importante y difícil de conseguir y en muchos casos, además, es lo más específico del entrenamiento, pero no sería la única forma y, quizás, tampoco la más idónea para estimular la FEmáx y la FEmáx específica si no se combina su entrenamiento con otras resistencias más pesadas. La FE y la FEmáx se pueden mejorar con todas las resistencias, siempre que la rapidez en la producción voluntaria de la fuerza sea máxima o casi máxima. La selección de las resistencias prioritarias o la combinación de las más adecuadas dependerá de las necesidades de fuerza máxima y de la resistencia a vencer en el gesto específico (fuerza útil).

Déficit de Fuerza

Suponiendo que en todos los casos el sujeto intente aplicar la máxima fuerza posible, la fuerza que consiga aplicar dependerá de la carga o resistencia a vencer. Por tanto, un sujeto tiene tantos picos de fuerza máxima dinámica como diferentes cargas tenga que superar. Si hay diferentes picos y uno de ellos es el mayor de todos (el correspondiente al de la RM), habrá una diferencia entre éste y los demás. Entonces, si en un mismo ejercicio y con cualquier carga inferior a la RM, un sujeto aplica menos fuerza que con dicha carga máxima, se puede decir que tiene una fuerza que no aplica. A la diferencia entre la fuerza aplicada en condiciones óptimas (cuando se levanta el máximo peso superable en una ocasión) y cualquier otro valor de fuerza se le denomina *déficit de fuerza*. La fuerza que se aplica cuando la carga no es la máxima posible indica la capacidad muscular para imprimir velocidad a una resistencia inferior a aquella con la que se manifiesta la fuerza dinámica máxima (FDM), que es la que se manifiesta cuando se mide 1RM. La mejora sistemática de esta manifestación de fuerza es un objetivo importante del entrenamiento, ya que la fuerza que se aplica en la competición prácticamente siempre será inferior a la que se puede aplicar en 1RM en cualquier ejercicio. Tanto es así, que, según dos de las definiciones de fuerza expuestas en páginas anteriores, *un deportista sólo tendrá la fuerza que sea capaz de aplicar en un tiempo determinado o a una velocidad dada*. De nada sirve una FIM o 1RM muy elevadas si el porcentaje de esa fuerza máxima que se aplica a mayores velocidades o en tiempos menores (cuando las resistencias son menores) es muy bajo.

El *déficit* de fuerza varía a través del ciclo de entrenamiento y de la temporada, según la orientación del trabajo, de la mejora de la FDM y de la forma adquirida. Cuando existe una mejor adaptación/capacidad de activación del sistema nervioso por un trabajo dirigido a la mejora de la manifestación de fuerza en la unidad de tiempo (fuerza explosiva), llevado a cabo a través de la realización del entrenamiento a la máxima velocidad posible con cualquier resistencia y con pocas repeticiones por serie, el *déficit* se reduce; por el contrario, cuando el entrenamiento ha estado fundamentalmente basado en la mejora de la fuerza por la hipertrofia o se ha producido un notable aumento de la mejora de la FDM por medio de cualquier entrenamiento o ambas cosas, generalmente se produce un aumento.

Por tanto, la oscilación del *déficit* indica el *efecto del entrenamiento* y el "*tipo de forma*" que se ha adquirido. Una vez alcanzado un valor de FDM suficiente, el objetivo del entrenamiento será reducir en la mayor medida posible el *déficit* de fuerza cuando se aproxima la competición, manteniendo al menos estable la FDM conseguida. Esto va a suponer una mayor capacidad para aplicar fuerza ante resistencias más ligeras y, sobre todo, conseguir valores de fuerza útil más elevados.

Relación Fuerza-Velocidad

Esta relación es de tipo inverso en los músculos esqueléticos, es decir, cuanto más velocidad de acortamiento se le demande a un músculo, menos fuerza podrá ejercer y viceversa. La medición del grado de acortamiento de un músculo respecto al tiempo que consume en ese acortamiento es lo que proporciona el valor de la velocidad que se usa en las curvas fuerza-velocidad. Cuando un músculo está generando un grado determinado y submáximo de fuerza y se aumenta la velocidad de acortamiento, disminuye la fuerza que puede generar, por lo que cuanto mayor sea la velocidad menor será la fuerza que pueda generar (curva fuerza-velocidad). Esto parece ser debido a que cuando se dan grandes velocidades de deslizamiento entre los miofilamentos de miosina y actina disminuye el número de puentes cruzados disponibles (Edman, 1992). Por el contrario, la velocidad disminuirá cuanto mayor sea el número de puentes cruzados activos. Es decir, cuando

un sujeto trata de desplazar una carga a la mayor velocidad posible, pero aumenta el número de puentes cruzados que se puedan formar, significa que la carga que desplaza ha aumentado y, por tanto, menor será la velocidad. Inversamente, un aumento de la velocidad requerirá un menor número de puentes cruzados activos para poder ejecutar el desplazamiento de la carga. Pero si la velocidad aumenta hasta la velocidad absoluta (máxima velocidad sin una resistencia externa), el número de puentes cruzados deja de ser relevante para la velocidad. De hecho, cuando la carga es cero o se aproxima a cero, la velocidad de acortamiento es independiente del número de puentes cruzados activos (Edman, 1992). Eso implica, a su vez, que la velocidad absoluta de acortamiento es independiente del grado de acortamiento-elongación del músculo.

Sin embargo, la velocidad de acortamiento sin carga sí está relacionada con la actividad de la ATPasa miofibrilar (Figura 4). Uno de los factores limitantes en la

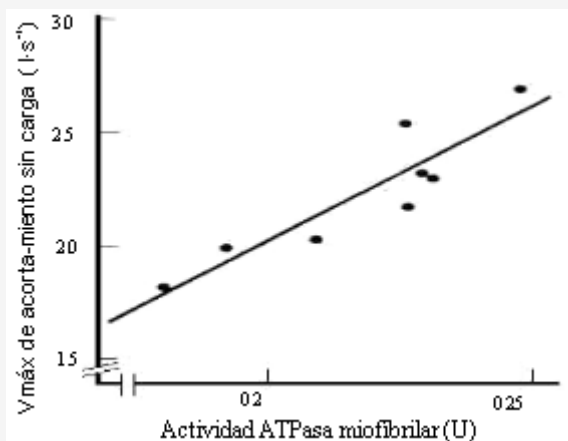


Figura 4. Relación entre la velocidad de acortamiento sin carga y la actividad de la ATPasa miofibrilar en una fibra muscular esquelética (tomado de Gordon y cols., 2000).

producción de fuerza por el músculo es la velocidad de trabajo de la ATPasa miofibrilar de la miosina de cadena pesada (MHC). La expresión genética de un tipo específico de MHC (tipo I, tipo IIA o tipo IIX) condiciona el tiempo que tarda un músculo en generar fuerza y, consecuentemente, también la velocidad de acortamiento. Esto significa que aunque la fuerza por unidad de área de sección transversal de las fibras rápidas y lentas es aproximadamente la misma, la máxima velocidad de acortamiento es casi el doble en las fibras rápidas. Por tanto, para una velocidad de acortamiento dada, la fuerza ejercida por las fibras rápidas será mayor (Figura 5).

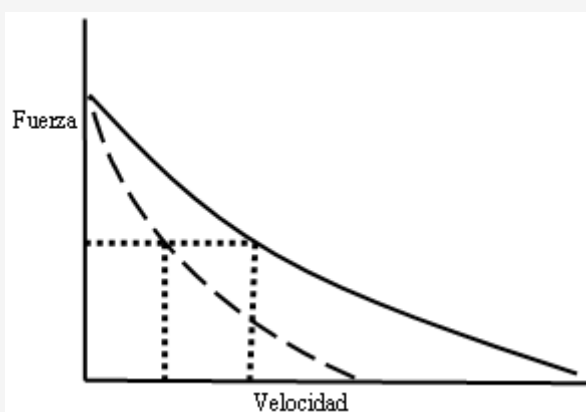


Figura 5. Relación esquemática de la curva fuerza-velocidad en contracciones concéntricas de fibras rápidas (línea continua) y lentas (línea discontinua). La velocidad máxima de las fibras rápidas es aproximadamente el doble que la de las lentas. Para una misma velocidad, la fuerza ejercida por las fibras rápidas es mayor, excepto cuando la velocidad es cero

Las propiedades contráctiles básicas de un músculo están influidas por la manera en que están organizadas las fibras para

formar el músculo. Si tuviéramos un músculo con tres fibras, éstas podrían disponerse en serie (una a continuación de otra) o en paralelo (una al lado de otra) o en un ángulo determinado en relación con la línea de tensión lineal del músculo. Cuando las fibras están en serie, son mayores el rango de movimiento y la velocidad de acortamiento. Cuando se encuentran en paralelo, se alcanza la máxima fuerza que el músculo puede ejercer y menor velocidad. Cuando están organizadas formando un ángulo con la línea de tensión, la tensión neta que puede generar la fibra es menor (Enoka, 2002).

En el músculo que tuviera tres fibras organizadas en serie, cada fibra experimentaría el cambio en longitud en respuesta a la activación, y los cambios de longitud para el músculo sería la suma del cambio de las tres fibras. Igualmente, la máxima velocidad de acortamiento depende del número de fibras en serie. Por el contrario, cuando las fibras estén en serie, la fuerza ejercida es la media de las tres. Mientras que si están en paralelo, la fuerza será igual a la suma de las tres fibras. Esto último indica que a mayor sección transversal del músculo, mayor fuerza.

La proporción en la disposición de las fibras musculares influye de manera directa en la relación fuerza-velocidad-potencia. De dos fibras con el mismo volumen, la que presente una mayor proporción de unidades de longitud alcanzará una mayor velocidad y menor fuerza que en la situación contraria (Figura 6a, b). La potencia alcanzada por ambos tipos de fibras será semejante, pero el pico de máxima potencia es alcanzado a mayor velocidad por las fibras que presentan una mayor proporción de unidades en serie (Figura 6c).

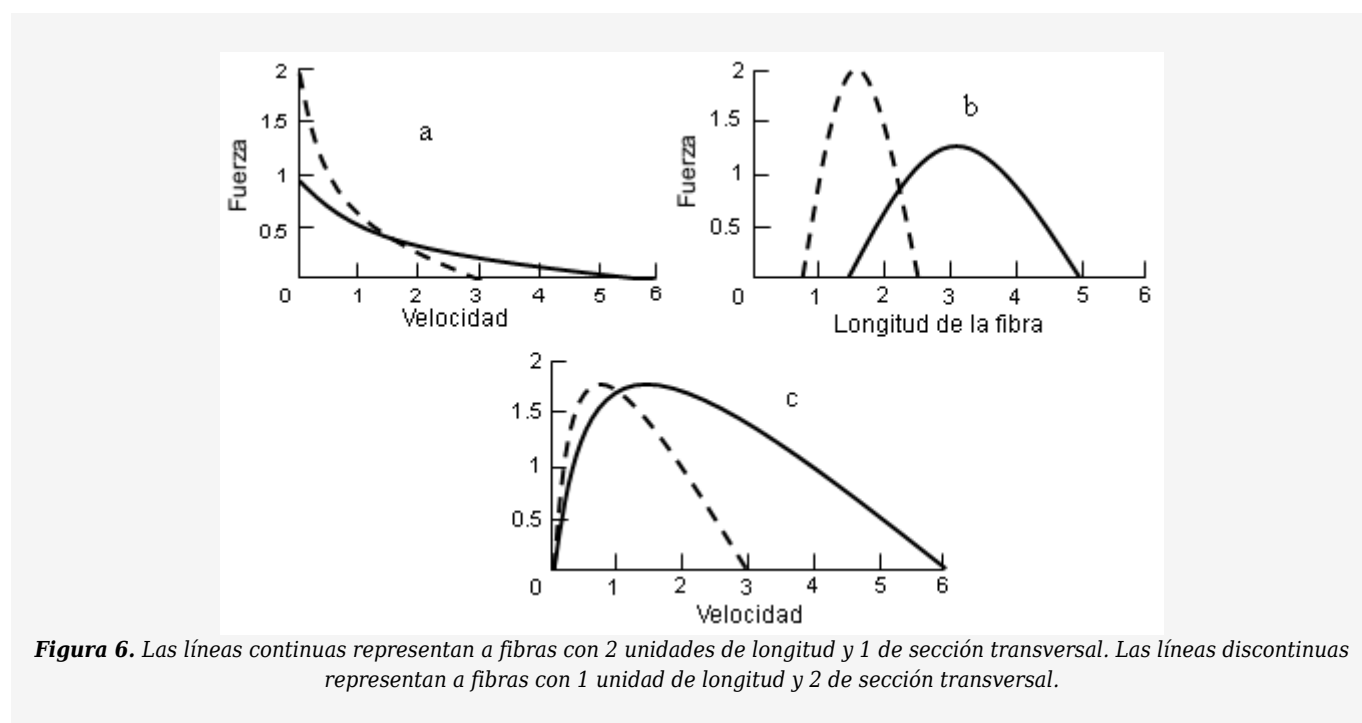


Figura 6. Las líneas continuas representan a fibras con 2 unidades de longitud y 1 de sección transversal. Las líneas discontinuas representan a fibras con 1 unidad de longitud y 2 de sección transversal.

Relación Fuerza-Velocidad y Potencia

Una característica importante de la curva fuerza-velocidad es que el área bajo la curva indica la potencia muscular (Figura 7). Si el entrenamiento es capaz de desviar la curva hacia la derecha y hacia arriba, aumentará el área bajo la curva y, por tanto, la potencia. Conociendo la potencia necesaria para la ejecución de un ejercicio o una serie de ellos, la curva fuerza-velocidad nos proporcionará un índice muy aproximado a las condiciones óptimas para obtener el máximo rendimiento deportivo. La potencia por tanto se puede calcular multiplicando la fuerza por la velocidad, pero en realidad como la fuerza no es constante ni la velocidad tampoco, habría que integrar ambas variables para obtener datos más fiables.

La potencia máxima que puede generar un deportista, al margen del tipo de entrenamiento que realice, está en relación directa con el tanto por ciento de fibras rápidas (FT) y lentas (ST) que posea (Faulkner y col., 1986), pero, como término medio, cuando se analiza la curva de potencia se observa que el pico de máxima potencia se obtiene con fuerzas próximas al 30% de la fuerza isométrica máxima, (Edgerton y col., 1986; Faulkner y col., 1986) y velocidades próximas al 30-31% de la máxima velocidad absoluta (Herzog, 2000, Herzog y Ait-Haddou, 2003), es decir, cuando se trabaja en la zona inter-extremos de la curva. Dadas las variables que condicionan la potencia máxima, la estrategia para aumentar la potencia muscular tiene dos opciones claras: aumentar la fuerza máxima o aumentar la velocidad máxima, o distintas combinaciones

de estas dos opciones.

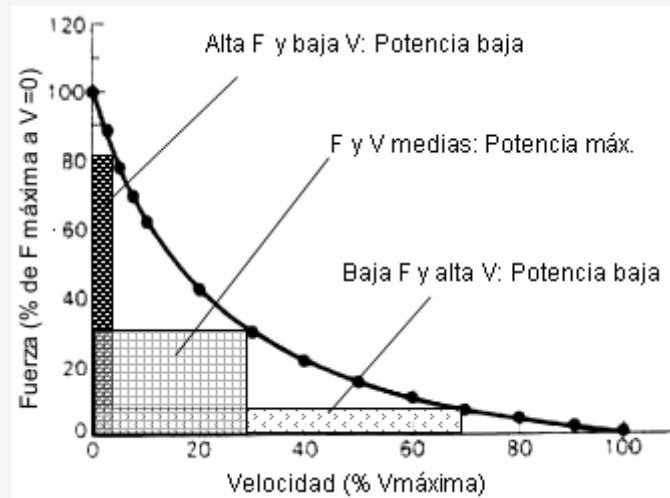


Figura 7. Distintos valores de potencia en el área bajo la curva fuerza-velocidad. Un desplazamiento de la curva F-V a la derecha y arriba en todas las zonas significaría un aumento de cualquiera de los valores de potencia (F = fuerza; V = velocidad).

Si tenemos en cuenta el principio de la especificidad del efecto del entrenamiento, sería lógico pensar que la carga más idónea para desarrollar la máxima potencia mecánica sería el 30 % de la fuerza isométrica máxima. De hecho, así se ha propuesto por algunos autores (Kaneko y col., 1983; Wilson y col., 1993). Pero en vivo y en la práctica del entrenamiento deportivo la fuerza isométrica máxima no se mide con frecuencia, y, sobre todo, presenta el problema de elegir el ángulo de medición de la misma que fuese más representativo de la acción dinámica. Por ello, lo más útil es tomar como referencia el valor de una repetición máxima dinámica (1RM). Pero cuando se toma como referencia la RM, los porcentajes de la misma con los que se alcanza la máxima potencia son muy distintos al 30%. Según distintos autores, la máxima potencia se puede alcanzar con valores que oscilan entre el 10 y el 80% de 1RM, dependiendo del tipo de ejercicio, la experiencia de los sujetos y el tipo de entrenamiento realizado. (Baker, 2001; Baker y col., 2001; Behm y Sale, 1993; Garhammer, 1993; Cronin y col., 2001; Mayhew y col., 1997; Rahmani y col., 2001; Izquierdo y col., 2002; Moss y col., 1997; Siegel y col., 2002; Stone, M.H y col., 2003).

Una de las principales fuentes de discrepancias en cuanto a la carga con la que se alcanza la máxima potencia está en el tipo de ejercicio de que se trate. En los ejercicios monoarticulares los márgenes de intensidades son menores que en los poliarticulares. En los primeros, se establece en el 30% de la fuerza isométrica máxima (Kaneko y col., 1983), y entre el 30 y el 45% de 1RM (Moss y col. 1997), mientras que en los segundos los valores oscilan entre el 10 y el 80% (citas incluidas al final del párrafo anterior). En general, los porcentajes con los que se alcanza la máxima potencia en ejercicios poliarticulares son más altos que en los monoarticulares, y dentro de los poliarticulares, los que presentan porcentajes más altos son los que se realizan con la parte inferior del cuerpo: 50-70 % para la sentadilla y 40-60 % para el press de banca para los mismos sujetos (Siegel y col., 2002). Se proponen una serie de razones para explicar estas diferencias, como el grado de masa muscular, la longitud del músculo, la arquitectura muscular (grado de peneación), la porción de masa muscular inactiva desplazada en cada ejercicio...pero la realidad es que las causas de estas diferencias no están claras. Estas explicaciones, por tanto, quedan pendientes de investigación.

Dentro de los ejercicios poliarticulares se encuentran unos ejercicios especiales, que son los que tienen las características de los ejercicios olímpicos (ejercicios de competición en el levantamiento de pesas, deporte olímpico), como son, sobre todo, la cargada de fuerza y la arrancada de fuerza. En estos ejercicios se han medido los valores de potencia más altos entre todos los ejercicios utilizados en el entrenamiento deportivo (Garhammer, 1993). Este mismo autor ha encontrado que la máxima potencia en los ejercicios de tipo olímpico se produce con cargas próximas al 80 % de 1RM. No obstante, no se especifica si se producen diferencias entre los propios ejercicios de tipo olímpico ni las diferencias que podrían darse con otros ejercicios poliarticulares de características diferentes.

Una de las carencias que observamos en la literatura en relación con el análisis de los factores relacionados con la carga con la que se consigue la máxima potencia es todo lo relacionado con la *velocidad*, y concretamente la velocidad con la que se consigue la máxima potencia y la velocidad con la que se consigue la RM en cada ejercicio. Esta problemática ha sido abordada por nosotros en nuestros estudios dentro de esta línea de investigación. Hemos podido observar que, al igual que

con cada porcentaje de 1RM se puede hacer un número determinado de repeticiones por serie, también es probable que cada porcentaje tenga "su velocidad" y "su potencia". Pero lo más relevante de nuestras observaciones es que al hablar de velocidad y potencia nos vamos a encontrar con una circunstancia especial, y es que *las velocidades y las potencias alcanzadas con un mismo porcentaje van a ser muy distintas en función de un factor, determinante, que es la velocidad a la que se alcanza la RM en cada ejercicio* (Tabla 1). Según nuestras observaciones, la velocidad a la que se alcanza la RM de un ejercicio determina las características del propio ejercicio con respecto a la velocidad y la potencia desarrolladas con cada porcentaje de su propia RM. Esto tiene una serie de consecuencias.

- La primera es que si, por ejemplo, estamos trabajando con dos ejercicios cuyas RMs se alcanzan a 0,2 y 1 m s⁻¹, respectivamente, *para lograr el mismo objetivo de entrenamiento las intensidades óptimas (% de 1RM) a utilizar serían diferentes para cada ejercicio*.
- La segunda es que *cuando estemos trabajando a una misma velocidad absoluta estaremos entrenando con porcentajes distintos*, lo cual puede tener también influencia en la programación del entrenamiento y en sus efectos.
- En tercer lugar, debemos tener en cuenta que *cuanto menor sea la velocidad propia de la RM, mayor riesgo de sobrecarga (fatiga) representa un mismo porcentaje*.

Esto quiere decir que con algunos ejercicios se podrá utilizar –y será necesario utilizar– con mucha mayor frecuencia las intensidades (porcentajes) altas que con otros. Por ejemplo, el 85-90 % de 1RM en cargada de fuerza hay que utilizarlo en todas las especialidades deportivas en casi todas las sesiones de entrenamiento con este ejercicio, puesto que trabajando con porcentajes próximos a éstos se entrena la máxima potencia, que es, precisamente, el objetivo que se persigue y el efecto fundamental que se produce cuando se utiliza este ejercicio, mientras que el 90 % se emplearía con muy poca frecuencia en el press de banca, e incluso podría no llegar a utilizarse en ningún momento en algunas especialidades.

Ejercicios	Vel. media acelerativa (m/s)	% de 1 RM	Vel. media acelerativa (m/s) con 1RM
Arrancada (n = 26)	1,15±0,12	91±5,6	1,04±0,09
Carg. de fza. (n = 25)	1,09±0,1	87±6,7	0,9±0,08
Sentadilla (n = 22)	0,93±0,12	64,3±7,6	0,31±0,05
Press banca (n = 32)	1,15±0,1	40±5,5	0,2±0,05

Tabla 1. Valores medios de velocidad media acelerativa (Vel. media) y % de 1RM con los que se alcanza la potencia media máxima en distintos ejercicios. También se incluye la velocidad media con la que se alcanza la RM en cada ejercicio (González-Badillo, JJ., 2000b).

Como se puede observar en la Tabla 1, la velocidad a la que se alcanza la *potencia media máxima* es muy semejante en todos los ejercicios. Estos resultados sugieren que la máxima potencia puede venir determinada para cualquier ejercicio por una velocidad concreta, que, según hemos indicado en páginas anteriormente, habría de encontrarse aproximadamente entre el 30 y el 40% de la velocidad absoluta (velocidad sin cargas) (Herzog, 2000, Herzog y R. Ait-Haddou 2003). Lo indicado viene a sugerir que para conseguir unos objetivos concretos hay que seleccionar la velocidad adecuada. *Por tanto, la velocidad de ejecución es importante y decisiva para el rendimiento deportivo, y por ello es probable que sea muy útil como valor de referencia para expresar y dosificar la intensidad.*

Otro dato relevante que se puede observar en la tabla 1 es que para entrenar a la intensidad específica de la máxima potencia habría que hacerlo con porcentajes muy distintos (desde el 40 al 91%, aproximadamente) en función de los ejercicios. Si aceptamos el principio de *especificidad*, los efectos principales del entrenamiento en la curva de potencia se producirán alrededor de la fase de la curva en la que se trabaja, y esta fase será distinta si son distintos los porcentajes con los que se alcanza la máxima potencia. Según nuestros datos, la variabilidad en estos porcentajes es mediana en los ejercicios más técnicos: un 6 y un 7 % de coeficiente de variación para arrancada y cargada, respectivamente, y algo mayores para la sentadilla (12 %) y el press de banca (13 %). Esta mayor variabilidad puede deberse a las características intrínsecas del ejercicio o al protocolo de medición o a ambas cosas. En relación con el protocolo, a veces la carga con la que se consigue la máxima *potencia no se mide*, porque en la progresión de las cargas (generalmente en progresiones de 10 kg) hasta llegar a la repetición máxima, la carga que maximiza la potencia puede quedar entre dos de las cargas

utilizadas. No obstante, puede que esta variabilidad no tenga mucha importancia, porque la mejora de la potencia probablemente se va a producir en gran medida con todos los porcentajes que estén próximos a aquellos con los que se alcanza la máxima potencia. Por tanto, la potencia, al igual que la velocidad, también se puede considerar como muy útil para expresar y dosificar la intensidad.

Aunque estos porcentajes sobre 1 RM sean muy distintos para cada ejercicio, es probable que todos estén muy próximos al valor de la fuerza isométrica máxima (FIM) con el que se considera que se alcanza la máxima potencia, que, como hemos indicado, es el 30 % de dicha FIM. Este valor de FIM se mediría en las fases claves o críticas de la ejecución de cada uno de los ejercicios de todo el recorrido.

Por último, en la referida Tabla 1, también se puede observar cómo *cuanto mayor sea la velocidad con la que se alcanza la RM mayor es el porcentaje con el que se alcanza la potencia máxima*. La velocidad de la RM explica más del 88 % de la varianza del porcentaje con el que se consigue la potencia máxima, porque existe una altísima correlación entre estas dos variables (0,94). Estas observaciones confirman que, según el ejercicio con el que se entrene, un mismo porcentaje significa una magnitud y un tipo de carga muy diferentes, y que para obtener el mismo efecto hay que emplear porcentajes distintos.

Estos hallazgos probablemente también son aplicables al salto vertical. La máxima potencia en este ejercicio se alcanza cuando se añade alguna carga al propio peso corporal (aunque esto también depende de la fórmula que se utilice para calcularla) para realizar el salto. Las velocidades con las que se consiguen las máximas potencias son muy parecidas en todos los sujetos, aunque existe una tendencia a que los que más saltan sin carga también sean los que más saltan cuando se alcanza la máxima potencia. Las velocidades (velocidad de despegue en el salto) con las que se alcanzan la máxima potencia oscilan, aproximadamente, entre 1,7 y 2 m s⁻¹, ya que las alturas de los saltos con las que se alcanza la máxima potencia oscilan entre 0,14 m (1,7 m s⁻¹ de velocidad de despegue) y 0,20 m (2 m s⁻¹ de velocidad de despegue) para la gran mayoría de los sujetos.

Dado que la velocidad media en el salto vertical es la mitad de la velocidad inicial (velocidad de despegue), la velocidad media con la que se alcanza la máxima potencia podría ser superior a 0,9 m s⁻¹ si consideramos una muestra amplia de sujetos. Por tanto, se aprecia que en estos ejercicios la velocidad de máxima potencia está también próxima a un 1 m s⁻¹, que es la velocidad media que hemos encontrado en los ejercicios analizados en la Tabla 1.

El tipo de cálculo de la potencia que se utilice podría modificar las relaciones entre estas variables. Los datos de potencia que hemos aportado en este caso se calculan aplicando la fórmula siguiente:

$$P = (Pc + Pb) \cdot g \cdot \sqrt{2gh}$$

donde P = potencia máxima (W); Pc = peso corporal (kg); Pb = peso de la barra o carga adicional (kg); g = aceleración gravedad; h = altura (m).

LA CARGA DE ENTRENAMIENTO

Se entiende por carga el conjunto de exigencias biológicas y psicológicas provocadas por las actividades de entrenamiento. Y se consideran dos vertientes. La carga real, o conjunto de exigencias biológicas y psicológicas provocadas por las actividades de entrenamiento, lo que supone distintas alteraciones fisiológicas o alteración del equilibrio homeostático. Y la *carga propuesta*, o conjunto de *estímulos* expresados en forma de entrenamientos a los que se enfrenta el deportista de manera sistemática, que constituyen la causa de las modificaciones funcionales, bioquímicas, morfológicas y físicas. *La interrelación entre ambos tipos de carga constituye la esencia del entrenamiento deportivo.*

La carga que se programa es la carga real, que se expresa a través de la carga propuesta. La aplicación de la carga genera una problemática fundamental: ¿la carga real prevista es la correcta?, ¿la carga real prevista está bien representada por la carga propuesta?, ¿cómo medir y cuantificar la carga real y la propuesta? Esto hace que la tarea fundamental del entrenador y de la metodología del entrenamiento sea *a)* definir la carga de manera precisa y exhaustiva, *b)* controlar y analizar la relación entre la carga real y la carga propuesta y entre ambas y el rendimiento y *c)* validar modelos de medición y cuantificación de las cargas.

La programación del entrenamiento no es más que la expresión de una *serie o sucesión ordenada de esfuerzos* que guardan una *relación de dependencia entre sí*. Por tanto, la dosificación de las cargas es en sí mismo la programación del

entrenamiento. En los últimos años se ha extendido la idea de que “hay que entrenar mucho” para conseguir resultados relevantes, pero esto no se ajusta a la realidad. Es importante tomar conciencia de que la experiencia práctica y los datos derivados de los estudios científicos indican que la *máxima carga realizable* no proporciona los mejores resultados (González-Badillo y col., 2005; González-Badillo y col., 2006). La máxima carga realizable es una carga elevada o muy elevada que el sujeto realiza sin signos evidentes de que se produzca una fatiga excesiva o nociva para el deportista, pero que no proporciona los mejores resultados.

La dosificación de la carga exige plantearse al menos dos preguntas clave: *a) ¿cuándo cada nivel de carga es el óptimo?, b) ¿cuál es la mínima magnitud de carga que es positiva?*

El problema de la carga óptima y el de la efectividad del estímulo dentro del proceso de entrenamiento no están resueltos satisfactoriamente (Pampus y col., 1990). Existen muy pocos datos científicos acerca del entrenamiento óptimo para alcanzar el pico máximo de rendimiento (Kuipers, 1996). Es muy difícil determinar la frecuencia, intensidad y volumen que es óptimo en un momento dado (Hakkinen, K. y Kauhanen H, 89), pero esto es necesario si queremos aproximarnos al programa óptimo de entrenamiento, porque la llave del éxito no está en un volumen extremo de entrenamiento (Smirnov, 98). La conclusión de algunos estudios y revisiones indican que hay pocas evidencias científicas y ninguna base teórica fisiológica para sugerir que un mayor volumen de práctica proporcione un mayor aumento de la fuerza (Carpinelli y Otto, 1998, Carpinelli 2000). Se propone que la mejora en el rendimiento deportivo parece estar relacionada con la progresión hacia un mayor volumen cuando aumenta la experiencia en el entrenamiento de fuerza (*ACSM's position stand*, 2002), pero el uso de grandes cargas de entrenamiento no está basado en la idea de que “cuanto más mejor” (Virus, 1993), y la efectividad del volumen de entrenamiento aparentemente se reduce de manera progresiva cuando aumenta el rendimiento del deportista (Matveyer y Gilyasova, 1990). La dosis de la intensidad es igualmente determinante, pues mientras que la rápida o inmediata mejora del rendimiento puede estar directamente relacionada con la intensidad, el nivel final de rendimiento está inversamente relacionado con la intensidad de entrenamiento (Edington y Edgerton, 1976; en Stone y col. 1991).

Si bien el objetivo del entrenamiento será aplicar la dosis adecuada de la carga, dicha dosis está condicionada por una serie de situaciones que conviene plantearse. Por ello es necesario formularse una serie de preguntas clave y consideraciones sobre la relación entre la carga propuesta y la carga real y sobre la relación entre la magnitud de la carga y el rendimiento deportivo. La pregunta clave es: *¿la carga propuesta y cuantificada es realmente la que se pretende proponer?* De ella se derivan otra serie de interrogantes y consideraciones:

- *¿El valor de la intensidad relativa propuesta es verdadero o no?:* Los porcentajes, la velocidad, el tipo de esfuerzo... puede ser distinto al que se supone.
- *La carga propuesta se ajusta al objetivo previsto, ¿pero es ajustada al sujeto o no?:* La carga puede producir los efectos deseados, pero no ser la apropiada para todas las situaciones y sujetos.
- *¿El valor de una carga relativa ajustada tiene los efectos deseados o no?:* La carga propuesta podría estar bien ajustada, pero para un efecto distinto al que pretendemos.
- *¿La carga realizada es realmente la programada y propuesta?* Puede haber gran discrepancia entre el esfuerzo realizado y el esfuerzo programado y propuesto.
- *¿Qué variables debemos controlar?* Sólo las relevantes, procurando que las demás no interfieran en el rendimiento. *¿Pero cómo determinar cuáles son esas variables?*
- *¿Se deben controlar todos los ejercicios?* Se deben controlar sólo aquellos que sean relevantes. *¿Pero cómo determinar cuáles son estos ejercicios?*
- *¿Todos los ejercicios cuantificados inciden en la misma medida en el valor de la carga?* No todos los ejercicios producen una misma carga *¿Necesitaríamos un coeficiente rectificador de cada ejercicio?*
- *¿Cambian la importancia de los ejercicios y los objetivos del entrenamiento con el cambio del nivel deportivo?* La relevancia de los ejercicios cambia con la mejora del nivel deportivo.
- *¿Qué intensidad controlar? ¿Desde qué valor (porcentaje) de intensidad cuantificamos?* Sólo deberíamos controlar aquellos valores de carga que sean relevantes para el rendimiento deportivo. Aunque esto, obviamente, deja pendiente la determinación de cuál es el valor (porcentaje) mínimo relevante.

Dosificación de la Carga

La Velocidad y la Potencia en la Dosificación de la Carga de Entrenamiento

Si pudiéramos controlar la velocidad de ejecución podríamos avanzar mucho en el control y dosificación del entrenamiento (González-Badillo, 1991). En este caso lo que haríamos sería determinar la velocidad a la que se debe hacer el entrenamiento, sin preocuparnos de cuál es la resistencia (peso) que hay que emplear. Se iría aumentando el peso progresivamente en cada serie hasta que la velocidad de ejecución fuera la prevista. El número de repeticiones/serie vendría determinado por la reducción de la velocidad. Si se prescribe que hay que hacer repeticiones hasta que se pierda,

por ejemplo, un 10% de la máxima velocidad, cuando ocurra esto la serie se daría por terminada. El valor de la velocidad se elige en función del objetivo del entrenamiento. Esto exige que haya que tener claro cuál es la velocidad óptima para cada objetivo y qué margen de velocidad sería permitido perder. Por tanto, no se programa ni un porcentaje ni un peso determinado, sino una velocidad concreta a la que se ha de realizar el entrenamiento. Esta forma de controlar la intensidad no es fácil porque exigiría una medición permanente de cada repetición, pero de poder hacerlo, nos aseguraría en la mayor medida que el entrenamiento realizado es el que hemos programado, y, si el entrenamiento está bien programado, que estamos entrenando para obtener los objetivos previstos. La observación permanente del entrenamiento y la experiencia del entrenador podría suplir de manera satisfactoria la falta de instrumentos de medida.

Lo mismo que hemos dicho para la velocidad sería válido para la potencia. Pero en este caso tendríamos que tener en cuenta si la potencia programada hay que conseguirla con pesos que están por debajo de aquel con el que se alcanza la máxima potencia o por encima. Esto significa que trabajando con el mismo valor de potencia se estarían produciendo efectos muy diferentes. Por ejemplo, en un press de banca podríamos obtener la misma potencia con el 10% que con el 80% de 1RM, pero los efectos para el entrenamiento serían, obviamente, muy distintos.

El Carácter del Esfuerzo en la Dosificación de la Carga de Entrenamiento.

Tradicionalmente, la dosificación y expresión del entrenamiento se ha venido haciendo a través de los porcentajes de 1RM. Pero la dosificación del entrenamiento por este procedimiento, aunque tiene algunas ventajas, presenta una serie de inconvenientes que aconsejan no utilizarlo en la programación del entrenamiento.

La expresión de la intensidad a través de porcentajes de 1 RM tiene la ventaja típica de que puede servir para programar el entrenamiento para muchos sujetos al mismo tiempo, ya que un mismo esfuerzo para todos los sujetos se puede expresar en términos relativos (%1 RM) y cada cual calcular el peso con el que debería realizar el entrenamiento. Pero sobre todo tiene la ventaja de que conociendo los *porcentajes máximos* a los que se tiene que llegar en cada entrenamiento se puede reflejar muy claramente la dinámica de la evolución de la intensidad (y en el fondo de la carga), lo cual permite obtener una información muy valiosa sobre cuál es la concepción del entrenamiento que tiene el entrenador, el sistema de trabajo y la exigencia de entrenamiento que se está proponiendo.

Pero la expresión de la intensidad a través de porcentajes de 1 RM tiene también importantes inconvenientes como los que indicamos a continuación:

- El primero de ellos es que la RM no se debe medir en sujetos jóvenes o con poca experiencia en el entrenamiento de fuerza. Esto es así por tres razones. Primero porque los resultados no serían fiables: existiría una inhibición por miedo, inseguridad y falta de técnica; segundo porque podría entrañar algún riesgo de lesión; y tercero porque no es necesario, pues hay otras formas de hacer una estimación de la RM que pueden ser totalmente válidas para organizar el entrenamiento sin necesidad de hacer un test máximo.
- El segundo inconveniente se deriva del hecho de que el valor del tanto por ciento que proponemos para entrenar no se corresponda con el valor de la RM real del día de entrenamiento, puesto que el valor de la RM del sujeto puede variar después de varias sesiones de entrenamiento. Esto puede ocurrir tanto por defecto como por exceso. En ambos casos habría que recurrir al ajuste del peso en función del *esfuerzo* programado.
- También puede ocurrir que no se haya hecho correctamente la medición de la RM. Si, por ejemplo, al medir la RM en un press de banca, la velocidad media del movimiento ha sido igual o superior a $0,3 \text{ m s}^{-1}$, la RM medida estará por debajo de la real (González-Badillo, 2000b). Esto va a significar dos cosas: primero que a partir de aquí, y probablemente hasta que se haga un nuevo test, todos los entrenamientos tenderán a realizarse con resistencias inferiores a las que teóricamente están programadas, es decir, los *esfuerzos* realizados serán sistemáticamente inferiores a los programados; y en segundo lugar que las posibilidades de mejorar el valor de la RM en el siguiente test serán mucho mayores, puesto que cuando el sujeto realizó el test anterior, su rendimiento ya estaba por encima de lo que se consideró como 1RM en dicho test. Por el contrario, cuando la velocidad media en el test ha sido de $0,2 \text{ m s}^{-1}$ o menos, la RM será real o estará muy próxima a su valor real, y esto va a tener unas consecuencias opuestas a las del caso anterior. Estos pequeños detalles conviene tenerlos en cuenta, pues nos pueden llevar a conclusiones erróneas tanto acerca del efecto del sistema o método de entrenamiento que estamos llevando a cabo, como de las características del mismo: los sujetos con una RM real resultará que teórica y aparentemente han entrenado menos porque habrán conseguido una intensidad media menor, cuando lo cierto es que pueden ser los que mayor esfuerzo hayan realizado. Lo contrario ocurrirá con los que trabajan sobre una RM inferior a la real.

Es importante tener en cuenta también que un mismo porcentaje puede significar dos cargas diferentes si se hace con ejercicios cuya RM se alcance a velocidades muy distintas, como por ejemplo ocurre con un press de banca y una cargada de fuerza.

En el punto anterior acabamos de hacer una propuesta mucho más racional para controlar y ajustar el esfuerzo realizado

en el entrenamiento, pero que presenta algunos inconvenientes debido a la dificultad que supone la medición de la velocidad y la potencia en cada repetición. Por ello vamos a proponer que la expresión, control y dosificación del entrenamiento se haga a través del *carácter del esfuerzo*. Este sistema puede permitir que la precisión con la que se consiga el objetivo de ajustar el esfuerzo sea casi tan buena como la que se consigue a través de la velocidad o la potencia, pero con la ventaja de que puede ser incluso el mismo sujeto el que se controle su propio esfuerzo, y si el entrenador está presente, el ajuste podrá ser aún mayor.

El *carácter del esfuerzo* viene expresado por la relación entre las *repeticiones realizadas* y las *repeticiones realizables* (repeticiones que se podrían realizar con un peso concreto) en una serie. Para definir el carácter del esfuerzo hay que considerar no sólo la diferencia entre las repeticiones realizadas y las realizables, sino además los valores concretos de dichas repeticiones. No sería, por tanto, el mismo entrenamiento (esfuerzo) hacer 8 repeticiones de 10 posibles que 2 de 4, aunque la diferencia entre las repeticiones realizadas y realizables sea en los dos casos de dos repeticiones.

El entrenamiento expresado a través del carácter del esfuerzo se indica con el número de repeticiones por serie a realizar como entrenamiento y, entre paréntesis, el número de repeticiones por serie que se podría realizar si el sujeto intentara hacer las máximas posibles con el peso indicado. Así, si el entrenamiento es 3x6 (10), queremos decir que hay que hacer tres series de seis repeticiones con un peso con el que se puedan hacer diez. Si, por ejemplo, el entrenamiento consistiera en realizar tres series de cuatro repeticiones con un peso con el que se pudieran realizar seis [4x4 (6)], el sujeto iniciará el entrenamiento realizando series de cuatro repeticiones desde un peso ligero para él -lo cual, además, le sirve de calentamiento- e irá aumentando la resistencia con una progresión lógica, haciendo siempre cuatro repeticiones por serie, hasta que el propio sujeto o su entrenador o ambos consideren que el peso con el que está realizando la serie es con el que podría hacer seis repeticiones. Una vez conocido este peso, que es el que representa al esfuerzo programado, el sujeto realizará con él el total de las series previstas. Es lógico que después de hacer tres o cuatro series con el mismo peso, sobre todo si éste es relativamente alto, la dificultad de ejecución sea progresivamente mayor y se pueda interpretar que se está entrenando con mayor carga de la prevista. Esto es inevitable y no significa una desviación de la magnitud de la carga programada. Esta progresiva dificultad está prevista, y es necesaria para que se produzca el efecto deseado en la mayoría de las sesiones de entrenamiento. No obstante, cabe la posibilidad de que si se observa que la dificultad de ejecución es excesiva, se reduzca la resistencia (peso) en la última o las últimas series para ajustarlas a la capacidad del sujeto. De la misma manera, si se observa que la resistencia es demasiado ligera, ésta se aumentará en las últimas series. Una vez conocido el peso de entrenamiento para el ejercicio y la sesión del día, este peso servirá como referencia para posteriores entrenamientos en los que el esfuerzo propuesto sea el mismo, aunque no necesariamente se vaya a utilizar de nuevo el mismo peso, puesto que la condición física del sujeto puede ser distinta y, por tanto, el peso que represente a dicho esfuerzo también deberá ser distinto. Ésta es precisamente la gran ventaja de este sistema: el sujeto siempre realiza el entrenamiento previsto, porque selecciona cada día la resistencia a través de la cual se ajustará en mayor medida al esfuerzo programado, e incluso la puede ajustar una vez iniciada la sesión, sin preocuparse de con qué porcentaje de 1RM está trabajando.

No cabe duda de que cuanto mayor sea la diferencia entre las repeticiones a realizar y las realizables, menor será el ajuste del esfuerzo. Pero también es cierto -afortunadamente- que en estos casos estaremos hablando de un carácter del esfuerzo relativamente bajo, y cuanto más bajo sea éste menos grave es un ligero desajuste del esfuerzo. Por el contrario, cuando más "peligroso" es alejarse del esfuerzo programado es cuando el carácter del esfuerzo es alto, máximo o casi máximo, y en estos casos el ajuste es verdaderamente bastante preciso y más fácil de obtener.

Para ajustar el entrenamiento cuando el objetivo del mismo sea estimular de manera específica la producción de máxima potencia en el ejercicio entrenado, tendríamos que hacer algunas aclaraciones. Si se trata de ejercicios cuya RM se alcanza a velocidades medias inferiores a $0,5 \text{ m s}^{-1}$, lo más apropiado sería medir la potencia desarrollada en la ejecución del ejercicio y trabajar con los pesos en los que se alcance la máxima potencia. Si esto no es posible, se podría medir la velocidad media: la máxima potencia se alcanzaría con velocidades medias próximas a 1 m s^{-1} . Si no se puede hacer ninguna de las dos cosas, habría que entrenar con los porcentajes aproximados a los que se alcanza la máxima potencia en cada ejercicio. El posible desajuste de los porcentajes en estos casos quizá no tenga tanta importancia, pues la máxima potencia se puede estimular de manera suficiente y adecuada con porcentajes próximos -tanto superiores como inferiores- a aquel con el que se alcanza la máxima potencia. Concretamente, en estos ejercicios (velocidad con la $RM < 0,5 \text{ m s}^{-1}$) el margen de porcentajes útiles para estimular la máxima potencia oscilaría aproximadamente entre el 35 y el 60 % de 1 RM. En el caso de que se trate de ejercicios en los que la RM se alcance a velocidades medias superiores a $0,5 \text{ m s}^{-1}$, la utilización del carácter del esfuerzo sería totalmente útil. En estos ejercicios, la máxima potencia se alcanza cuando el peso utilizado sólo permite hacer de dos a cuatro repeticiones por serie.

SUPUESTOS BASICOS DE LA ADAPTACION

El proceso de adaptación es el marco en el que se han de basar todas las decisiones acerca de la metodología y la investigación del rendimiento deportivo. La investigación acerca del entrenamiento es propiamente una investigación acerca de los mecanismos y leyes que rigen la adaptación. Como en cualquier otra ciencia, los resultados empíricos, derivados de la práctica, han de buscar su explicación científica para llegar a formular los conceptos teóricos, principios y leyes que definan a la propia adaptación y que justifiquen la metodología del entrenamiento.

Tanto los agentes naturales como el entrenamiento actúan como estímulos que provocan un estrés (desgaste, desequilibrio) en el organismo. El estrés se manifiesta a través de un síndrome que se conoce como "síndrome general de adaptación" (H. Selye). La reacción a este estrés es general/inespecífica (producida sobre todo el organismo en general) y específica (producida fundamentalmente sobre algún órgano o sistema concretos). El estrés, como reacción defensiva y adaptativa, crea una sólida base metodológica para revelar la esencia del entrenamiento deportivo como complejo proceso de adaptación (T. Zhelyazkov, 2001).

La teoría clásica de la adaptación ha sido criticada. Es conocida como la teoría de la "supercompensación" o teoría de un factor (Zatsiorsky, 1995). Según este autor, la existencia de una fase real de supercompensación para la mayoría de las sustancias metabólicas no ha sido nunca probada experimentalmente, excepto para el glucógeno. Las concentraciones de sustancias bioquímicas de vital importancia para la contracción muscular como el ATP (adenosin trifosfato) no cambian sustancialmente incluso después de una fuerte sesión de entrenamiento. La restauración a los niveles iniciales de diferentes sustancias metabólicas requiere tiempos desiguales, y no está nada claro qué criterio se debería seguir para seleccionar el tiempo adecuado entre dos sesiones consecutivas de entrenamiento.

Otras objeciones a la propuesta clásica sostienen que la adaptación refleja la acción consecutiva de los factores únicos: carga - fatiga - recuperación - supercompensación - regreso al nivel normal. Esta teoría propone únicamente la marcha ascendente del proceso adaptativo. Cada carga posterior se debe aplicar solamente en la fase de supercompensación y siempre se espera a la fase de supercompensación. En la práctica deportiva esta secuencia no es realista. La frecuencia de las sesiones es mayor de lo que teóricamente marcaría el tiempo de recuperación y no todas tienen el objetivo de adaptación general. Determinados procesos de adaptación relacionados con la supervivencia se mantienen durante toda la vida...

Para intentar superar estas aparentes deficiencias se propone una teoría bifactorial. Si bien es probable que la propuesta sea correcta, no vemos que realmente sirva para superar la teoría clásica. La exponemos a continuación.

Dicha teoría está basada en la idea de que la preparación del rendimiento del deportista no es estable, sino más bien varía con el tiempo. Reconoce dos componentes en la preparación del deportista: 1) los que cambian lentamente y no se modifican en espacios pequeños de tiempo: acondicionamiento físico o forma física y 2) los que cambian rápidamente por la influencia súbita de factores estresantes: fatiga, sobre-estrés psicológico, enfermedad repentina.

De acuerdo con esta teoría, el efecto inmediato de entrenamiento después de una sesión de trabajo es una combinación de dos procesos: 1) la mejora de la condición física provocada por la sesión de trabajo: influencia positiva, tendencia a la mejora, y 2) la fatiga: influencia negativa, tendencia a la reducción del rendimiento debido a la fatiga. El efecto final viene determinado por la suma de lo positivo y lo negativo.

La ganancia en condición física en una sesión se supone muy pequeña, pero duradera. El efecto de la fatiga es mayor, pero de corta duración. Se asume que, a groso modo, en una sesión con una carga de entrenamiento media, la duración de la ganancia de condición física es tres veces superior a la duración de la fatiga (relación 3:1). Por ejemplo, si el efecto negativo de la fatiga fuera de 24 horas, el efecto inmediato positivo (la ganancia) duraría 72 horas.

Nosotros hacemos una propuesta personal sobre los supuestos básicos del proceso de adaptación y del entrenamiento aplicables a la práctica deportiva (González-Badillo, J.J., 1994). Esta propuesta está basada en la relación entre una serie de supuestos básicos de la adaptación y del entrenamiento, que son los siguientes: el potencial de adaptación genético, la capacidad de rendimiento máximo, la capacidad de rendimiento actual, el *déficit* de adaptación, la exigencia de entrenamiento, la reserva de rendimiento actual y la reserva de adaptación inmediata. La relación entre estos condicionantes del entrenamiento determina los resultados deportivos y justifican las decisiones a tomar con respecto a la dosificación de la carga que debe aplicarse.

El Potencial de Adaptación Genético (PAG) indica que cada sujeto nace con unas posibilidades o capacidades de adaptación. Este potencial es el que marca las "posibilidades" del sujeto en un deporte concreto o en el desarrollo de una capacidad física

La Capacidad de Rendimiento Máximo (CRM) es el porcentaje del PAG conseguido o desarrollado hasta la fecha. En nuestro caso se podría expresar como 1RM o como la máxima producción de fuerza en la unidad de tiempo ante una carga concreta, o bien como la máxima fuerza isométrica o excéntrica. La CRM también la entendemos como la máxima carga global (síntesis del estrés producido por el volumen, la intensidad, la densidad y el tipo de ejercicio empleado) que podría soportar un sujeto en una unidad de entrenamiento sin llegar a un estado de fatiga extremo. La unidad de entrenamiento considerada en este caso sería fundamentalmente una sesión.

La Capacidad de Rendimiento Actual (CRA) es el porcentaje de la CRM que se podría alcanzar en un momento concreto. Normalmente, un sujeto no puede alcanzar en todas las sesiones de entrenamiento el máximo resultado o récord personal alcanzado en un test previo. También es cierto lo contrario: en algunos casos o momentos del ciclo el sujeto puede estar en condiciones de superar el resultado obtenido en dicho test previo. La CRA determina la carga de entrenamiento.

El Déficit de Adaptación (DA) es la diferencia entre la CRM y el PAG. No se puede cuantificar con precisión esta diferencia, pero la observación permanente de la evolución del sujeto, la experiencia del entrenador y la referencia de casos anteriores, entre otros detalles, pueden ofrecer información suficiente como para hacer una estimación cualitativa. La carga que mejor se ajusta a las necesidades de entrenamiento del sujeto es distinta en función de esa reserva de adaptación que resta por desarrollar.

La Exigencia de Entrenamiento (EE) es el grado de carga o esfuerzo que significa un entrenamiento con respecto a la CRA. La mayor o menor aproximación a la CRA en cada sesión de entrenamiento determina el valor de carga empleado. La sucesión de "exigencias de entrenamiento" (EsE) a través de un ciclo de trabajo constituye en sí misma la propia programación del entrenamiento.

La Reserva de Rendimiento Actual (RRA) es el porcentaje de la CRA que no es utilizado en una sesión de entrenamiento. Parece razonable pensar que el mejor entrenamiento no es el que agota cada día la máxima CRA. De ser así, no sería necesario programar el entrenamiento. Pero la experiencia y los resultados de los estudios que analizan el efecto del entrenamiento tanto desde el punto de vista neuromuscular como metabólico indican que un trabajo de ese tipo siempre llevaría al sobreentrenamiento.

La Reserva de Adaptación Inmediata (RAI) es el margen de mejora de la adaptación o la posibilidad de progresión que tiene un deportista en un ciclo de entrenamiento (8-16 semanas aproximadamente). Aunque al programar un ciclo de entrenamiento lo normal es que siempre se diseñe con la esperanza de que se produzca una mejora del rendimiento, la experiencia indica que, incluso realizando un entrenamiento razonable y objetivamente eficaz, una serie de circunstancias personales y fisiológicas, más o menos conocidas, hacen que las posibilidades de mejora durante cada ciclo sean diferentes.

Para que una carga sea efectiva, es necesario que la EE se acerque a la CRA. Tanto si se queda muy lejos, como si se trabaja de forma reiterada en los límites máximos del rendimiento actual, la adaptación positiva no se produce. Por tanto, asegurar una RRA adecuada en cada sesión es necesario en casi todos los entrenamientos. Sólo en algunos ejercicios, y con una frecuencia controlada, es permisible agotar la CRA.

La EE se acerca a la CRA en mayor o menor medida y con mayor o menor frecuencia en función del objetivo del entrenamiento. Por ejemplo, cuando el objetivo es el desarrollo de la fuerza principalmente a través de la vía de la hipertrofia muscular, se llega más cerca del número máximo de repeticiones por serie que puede hacer el sujeto y el grado de fatiga local y general es mucho más alto que cuando el objetivo es el desarrollo de la potencia o la velocidad máximas.

Cualquiera que sea el PAG de un sujeto, durante un ciclo de entrenamiento sólo existen unas posibilidades limitadas de adaptación o mejora en el desarrollo de la fuerza. Este margen de superación (RAI), así como el periodo en el que se agota esta capacidad de mejora, varía en función de distintos factores, que, en su mayoría, están relacionados entre sí. De ellos, podríamos destacar los siguientes:

- *Edad del sujeto:* cuanto más joven sea el sujeto, mayor será el *déficit* de adaptación, más tiempo se puede mantener la adaptación dentro de un ciclo, más rápida será la adaptación y menor será el estímulo necesario para progresar.
- *Tiempo dedicado al entrenamiento:* cuanto más tiempo se haya dedicado al entrenamiento hasta la fecha, menor será el *déficit* y menor el margen de adaptación dentro de un ciclo.
- *Nivel deportivo alcanzado:* cuanto mayor sea el nivel deportivo, menor será el *déficit*, menor el margen de adaptación dentro de un ciclo y mayor la carga necesaria para progresar.
- *Frecuencia de entrenamiento:* dentro de un mismo nivel deportivo, cuanto mayor haya sido la frecuencia de entrenamiento, menor será el margen de progresión y mayor la carga (y frecuencia) necesaria para progresar.
- *Objetivo del entrenamiento:* los procesos bioquímicos complejos como los relacionados con la capacidad aeróbica y el desarrollo de la masa muscular necesitan más tiempo que los efectos neurales y la adaptación glucolítica anaeróbica.

- *La adaptación no guarda una relación lineal con el tiempo:* de los puntos anteriores se deduce que la adaptación no es un proceso que presente una relación lineal entre carga/tiempo y efecto/rendimiento, sino que es una relación logística.

La adaptación se ajusta, como es lógico al principio de la especificidad, o mejor dicho, el principio de especificidad existe porque la adaptación exige especificidad. El proceso e importancia de la expresión de proteínas y su relación con el tipo de carga constituyen uno de los elementos centrales de este proceso. Su relación con la *especificidad*, uno de los principios clave del entrenamiento, justifica su estudio. La especificidad se expresa en los siguientes términos:

- El proceso adaptativo se manifiesta en relación con los estímulos de mayor magnitud y relevancia para el estado actual del organismo.
- No es posible reaccionar de manera notable a varios estímulos de características opuestas o dispares y que por tanto van orientados a sistemas funcionales diferentes.
- Las reacciones de “espera” se producen en momentos distintos y con diferente magnitud y tiempo útil según los tipos de estímulos.
- Influyen tanto la magnitud como las características de los estímulos y su periodicidad.
- Si no se atiende a estas características de la reacción, se reprime la actividad funcional y se destruyen las modificaciones estructurales en marcha.
- El potencial genético específico marca la orientación de las cargas que son más efectivas y las que pueden interferir el rendimiento individual.
- De lo anterior se deriva la recomendación de no tratar de conseguir altos rendimientos en cualidades no específicas si con esto se limita el rendimiento global.
- Todos los efectos de entrenamiento se basan en los cambios inducidos por los ejercicios sobre el organismo.
- Estos cambios dependen de la naturaleza, intensidad y duración de la ejecución del ejercicio.
- Cada ejercicio de entrenamiento produce un cambio específico necesario para obtener el objetivo del entrenamiento.
- Los efectos se basan en los cambios adaptativos de proteínas.
- Se ha propuesto que los metabolitos acumulados y los cambios hormonales durante y después del ejercicio son inductores de la síntesis específicas de proteínas (Viru, 1995). Esto garantiza el aumento de la actividad de las células estructurales y de los enzimas metabólicos.
- Además, entre las señales más apropiadas están las señales nerviosas y hormonales (extramusculares) y el calcio y el AMPc (adenosín-monofosfato cíclico), como señales intramusculares.
- Aunque la dotación genética de una célula muscular esté completa, sólo se diseñan y montan (expresan) aquellas proteínas para las que se haya recibido la señal correspondiente.
- La señal se forma en función de las características de los ejercicios y del grado de intensidad y volumen de la sesión de entrenamiento.
- La creación de estas señales depende en parte de la voluntad del sujeto y, por supuesto, de las características de la carga.
- Según el tipo de estimulación nerviosa se provocará una mayor o menor presencia de calcio iónico intracelular y un tipo de proteína (un tipo de fibra muscular) u otro.

LA "TRANSFERENCIA" EN EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA

Todas las actividades de entrenamiento que realiza un deportista y que programa su entrenador tienen como único objetivo obtener el mayor efecto positivo sobre el rendimiento específico. Esto significa que se trabaja con la esperanza de que tanto la ejecución de la actividad realizada como la mejora obtenida en la propia actividad vayan a reflejarse en un mayor rendimiento en la actividad de competición. Esta aplicación del efecto del entrenamiento, que no siempre se consigue y que presenta más dificultades cuanto mayor es el nivel de rendimiento del deportista, es un proceso de *transferencia*. Por tanto, el entrenamiento es un proceso permanente de intentos de transferencia (González-Badillo y Ribas, 2002).

En el entrenamiento deportivo, transferencia es la influencia o efecto que tiene la ejecución de un tipo de entrenamiento, o los cambios en el propio ejercicio realizado o ambas cosas, sobre otra actividad deportiva diferente. El tipo de entrenamiento que supuestamente tiene la facultad de producir transferencia debe ser distinto de aquel sobre el que influye. Esta distinción se expresa tanto por el tipo de ejercicio y la forma de realizarlo, como por la carga de entrenamiento: intensidad y volumen. La realización del mismo ejercicio de competición pero con algunas variaciones como ligeros cambios en la ejecución, en la distancia o tiempo de ejecución, en la velocidad, en la resistencia utilizada o en otras variables propias del ejercicio de competición, también se pueden considerar como ejercicios dotados de capacidad de transferencia. Cuando el ejercicio es exactamente igual que aquel con el que se van a medir los resultados, no se puede

hablar de transferencia.

Metodológicamente, para poder medir si se produce transferencia es necesario que la actividad objeto de la transferencia no se entrene. El grado de transferencia se mide por la relación entre los cambios producidos en la actividad entrenada y los que se producen en la no entrenada (Zartsiorsky, 1995). Para poder afirmar que la actividad A tiene una transferencia sobre la actividad B, durante el entrenamiento de A no se debería realizar ningún otro entrenamiento ni tampoco, por supuesto, practicar la actividad B, puesto que, de lo contrario –y obviamente–, los cambios en la actividad B podrían estar influidos conjuntamente por su propio entrenamiento y por el efecto de los demás entrenamientos realizados. Esta situación no se da normalmente en la práctica del entrenamiento deportivo, por tanto, para avanzar en el conocimiento de estos procesos habría que crear una situación experimental en la que se controlaran debidamente las variables de interés. Sin embargo en la práctica se habla con mucha frecuencia y ligereza sobre "transferencia" y, sobre todo, de "ejercicios de transferencia" y "fases de transferencia". La transferencia es un componente de todo el proceso de adaptación y un aspecto importante de la teoría del entrenamiento. Hacemos tal cosa porque es "buena" para el rendimiento. Si una actividad de entrenamiento es "buena", significa que se está produciendo un proceso de adaptación positiva, en la que muchas veces está presente la transferencia. Una de las tareas de la programación del entrenamiento es hacer coincidir los momentos álgidos de adaptación –en los que se incluyen los efectos de la transferencia– con las fechas de competición. Por tanto, este aspecto de la transferencia tiene mucha importancia para el rendimiento en competición.

Cuando hablamos de transferencia, nos podemos referir tanto a efectos positivos como negativos. Si los efectos son positivos estamos ante una transferencia positiva o simplemente transferencia. Si son negativos, lo que se produce es una transferencia negativa o interferencia. Se puede considerar que hay interferencia tanto cuando el entrenamiento realizado reduce el rendimiento en otra actividad como cuando lo estabiliza o disminuye su progresión. Por ejemplo, un entrenamiento de fuerza bien orientado puede producir transferencia (positiva) sobre la resistencia, mientras que otro mal diseñado podría dar lugar a una interferencia. Pero también se puede dar el caso de que algunos ejercicios o entrenamientos sean irrelevantes para el rendimiento, por lo que los podríamos considerar como neutros. Y si esto es así, su utilización para la mejora del rendimiento no tendría ningún sentido.

La transferencia (positiva) que proporciona un determinado entrenamiento o ejercicio no es permanente, aunque las estructuras de los movimientos sigan siendo las mismas. Esto se debe a que los factores determinantes del rendimiento pueden cambiar a medida que se eleva el nivel deportivo. Por ejemplo, en los primeros años de práctica nos podemos encontrar con una alta relación lineal positiva entre la fuerza máxima y el rendimiento específico, sin embargo, cuando se alcanza un alto nivel de rendimiento esta relación desaparece, e incluso, si nos empeñamos en demasía, podría llegar a ser hasta negativa (interferencia) en casos extremos. Esto podría significar que en determinados niveles de rendimiento la producción de fuerza por unidad de tiempo, por ejemplo, pasa a ser más determinante que el pico máximo de fuerza que se pueda alcanzar en un ejercicio de entrenamiento. Esta falta de transferencia también podría deberse a la "acomodación" o "adaptación negativa" provocada por la utilización inadecuada de los ejercicios y, sobre todo, de las cargas de entrenamiento. Si ésta es la causa, la falta de transferencia probablemente sería transitoria, recuperándose después de aplicar cambios en las cargas, que podrían, incluso, incluir un descanso especial, prolongado, que en muchos casos es la mejor solución a la mayoría de los estancamientos en la mejora del rendimiento deportivo (González-Badillo, 1991).

Hasta aquí hemos hablado sobre qué es la transferencia, pero también es importante saber qué no es. A continuación comentamos algunas de las actividades que suelen considerarse como transferencia y que realmente no lo son. Los siguientes son ejemplos de no transferencia:

- *La ejecución de un ejercicio diferente inmediatamente después del entrenamiento o del ejercicio de fuerza.* Éste es uno de los errores más comunes. Con mucha frecuencia se dice –y se realiza en la práctica– que inmediatamente después del ejercicio de fuerza hay que hacer otro ejercicio –supuestamente más específico– para "transferirle la fuerza", supuestamente desarrollada, en el primer ejercicio, aunque realmente no sabemos qué es lo que quieren "transferir". Esta actividad no sólo no es una transferencia, sino que puede ser incluso negativo para el rendimiento (entrenamiento erróneo). Y esto es así por las siguientes razones:
- En primer lugar, porque cuando se hace un ejercicio, *dicho ejercicio no se está transfiriendo nada a sí mismo*, sino que lo que se hace es, simplemente, entrenar el propio ejercicio. El ejercicio que supuestamente genera la transferencia ya se ha realizado previamente, y su efecto (transferencia) se habrá producido o no, pero ya no se puede hacer nada. Incluso, si siempre hacemos esta misma secuencia de "primero fuerza e inmediatamente después el ejercicio para transferir", pasará el tiempo y nunca sabremos si ha habido transferencia o no, puesto que nunca sabremos si los resultados obtenidos al final en el segundo ejercicio se deben a una transferencia o a la práctica del propio ejercicio
- Cabe la posibilidad de que la combinación de ambos ejercicios o la utilización de distintas cargas en el mismo ejercicio (intensidad-volumen) pudiera producir un efecto sinérgico –sobre el ejercicio de competición o sobre cualquier otro– superior al que se podría obtener si se hiciera solamente uno de ellos. Esto puede ocurrir y, de hecho, se ha comprobado experimentalmente (Adams y col. 1992; Harris y col. 2000), pero no significa que,

necesariamente, haya habido transferencia del primer ejercicio sobre el segundo, sino que esta secuencia de ejercicios permite un mayor rendimiento sobre un tercero o sobre uno de los dos ejercicios realizados.

- Si el entrenamiento de fuerza no produce fatiga notable y el ejercicio que se realiza en segundo lugar es intenso (realizado a alta velocidad) y de muy corta duración, el trabajo de fuerza realizado previamente no quedaría, probablemente, afectado por la realización del segundo ejercicio, con lo que al menos se obtendría algún beneficio del entrenamiento, que sería, en este caso, al menos, la mejora de la fuerza. Pero si el entrenamiento de fuerza es muy pesado, con cargas (resistencias) muy altas y numerosas repeticiones, y el ejercicio realizado en segundo lugar pretende ser intenso y de muy corta duración, éste ni siquiera se realizaría en las mejores condiciones, puesto que después de una sesión prolongada de entrenamiento de fuerza máxima la fatiga neuromuscular afectaría a la velocidad de acortamiento del músculo. El ejercicio resultará "torpe" y realizado a menor velocidad de la que sería necesaria para producir los efectos deseados.
- La situación puede empeorar si después del ejercicio o entrenamiento de fuerza lo que se realiza inmediatamente es un entrenamiento de resistencia. Puesto que no sólo no se producirá ninguna transferencia, sino que el entrenamiento de fuerza quedaría "mutilado", ya que los efectos de dicho entrenamiento se verían muy reducidos, si no totalmente eliminados, puesto que en las horas posteriores al entrenamiento de fuerza lo correcto sería descansar para permitir la recuperación funcional y estructural, y especialmente que se facilitara la síntesis y recambio de proteínas, que están en la base de la adaptación del entrenamiento de fuerza. Pero además de este efecto negativo para la fuerza, es posible que también se perjudicara la técnica del ejercicio de resistencia, y, por tanto, difícilmente se produciría, no ya una transferencia, que está descartada, sino cualquier beneficio técnico cuando se está entrenando con una fatiga producida por una actividad muy diferente a la de competición
- *El desarrollo sucesivo en el tiempo de dos expresiones de fuerza distintas.* Esto sería una generalización del caso comentado sobre "la ejecución de un ejercicio diferente inmediatamente después del entrenamiento o del ejercicio de fuerza", pero con más separación en el tiempo. Se suele decir que en una fase de un ciclo de entrenamiento se pone el énfasis en el entrenamiento de una determinada manifestación de fuerza, generalmente de la fuerza "máxima", y después de varias semanas de entrenamiento se realiza (programa) una fase de "transferencia". Si tenemos en cuenta lo que hemos expuesto hasta ahora, se puede deducir que esto no tiene nada que ver con la transferencia. Con el entrenamiento realizado en la primera fase se ha podido obtener alguna mejora en los ejercicios con los que se ha entrenado, y, además, ha podido producirse cierta transferencia sobre otros ejercicios y expresiones de fuerza no entrenados específicamente. Y esta transferencia está ahí, ya se ha producido. Tendrá como consecuencia que estos otros ejercicios y manifestaciones de fuerza habrán mejorado sin haberlos entrenado especialmente. El nuevo tipo de entrenamiento, que pone el énfasis sobre otros ejercicios o formas de realización del entrenamiento, y que comienza en la nueva fase, producirá su propio efecto y, a su vez, podrá producir su transferencia a otros rendimientos deportivos.

Lo que sí puede ocurrir, y esto sí tiene sentido, es que después de haber mejorado, por ejemplo, los valores de fuerza máxima, la situación es más favorable, por ejemplo, para mejorar la potencia, puesto que una mayor fuerza máxima es un elemento necesario -aunque no siempre suficiente- para mejorar la potencia ($\text{potencia} = \text{fuerza} \cdot \text{velocidad}$). Si una vez mejorada la fuerza -y mantenida, pues no se puede volver a los valores iniciales de fuerza-, damos mayor énfasis a las cargas más próximas a los valores (porcentajes) que producen la máxima potencia, intentamos mejorar la velocidad y reducimos -pero no eliminamos- la proporción de entrenamiento orientado a la fuerza máxima, es probable que obtengamos el máximo beneficio de la fuerza máxima desarrollada en la primera fase.

Esta secuencia en el énfasis de las distintas formas de entrenar puede llevar a mejores resultados, pero las posibles transferencias están fluyendo permanentemente de los entrenamientos precedentes a los rendimientos posteriores, y, por tanto, no se producen en el momento de entrenar los ejercicios que supuestamente han de beneficiarse de la transferencia, sino que ya están presentes y no podemos influir sobre ellas si los ejercicios precedentes ya no se realizan. Por tanto, las transferencias no se "reciben", precisamente, en el momento de entrenar, ni mucho menos cuando nosotros "damos la orden de que empiece la transferencia", luego no tiene sentido "hacer una fase de transferencia". *Las fases de transferencias son todas las del ciclo y cada uno de los entrenamientos, hasta que se compite.* Muchas veces el sujeto está en mejor forma antes de empezar la supuesta fase de "transferencia" que cuando ha terminado ésta. Como decíamos al principio, todo lo que hacemos como entrenamiento tiene como objetivo alcanzar el máximo efecto sobre el ejercicio de competición, es decir, la máxima transferencia.

Obviamente, en la práctica del entrenamiento las cosas son bastante complejas. Siempre se están produciendo una serie de transferencias, positivas y negativas, que se mezclan, se potencian y se atenúan mutuamente. No todas esas transferencias se pueden controlar. Por eso a veces creemos que el efecto del entrenamiento se debe a "una cosa" y realmente se debe a "otra".

ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA

Exponemos a continuación las características fundamentales del entrenamiento de distintas expresiones de fuerza y potencia.

Entrenamiento de la Fuerza Máxima

La fuerza máxima en este caso la entendemos como la fuerza dinámica máxima (1RM), aunque con el entrenamiento propuesto se mejorarán también todos los valores de fuerza con cargas inferiores a la máxima. Las características básicas del entrenamiento para la mejora de la fuerza máxima son las siguientes:

- *Objetivo*: mejorar la fuerza dinámica máxima en los ejercicios que se consideren más relevantes para la mejora del rendimiento específico.
- *Resistencias*: cualquiera, desde el mínimo porcentaje individual hasta el 100% de 1RM.
- *Repeticiones por serie*: desde 10 a 1.
- *Carácter del esfuerzo*: desde 10 (16) a 1 (1).
- *Recuperación entre series*: 2-5 minutos.
- *Velocidad de ejecución*: máxima o próxima a la máxima posible ante cada resistencia.
- *Frecuencia semanal*: desde 1 a 3-4 veces, pero no más de 2-3 veces el mismo ejercicio con cargas importantes.
- *Duración de este tipo de entrenamiento como objetivo prioritario*: 3-8 semanas.
- *Ejercicios fundamentales*: todos los ejercicios relevantes para la mejora de fuerza en la especialidad deportiva concreta

Con relación a las *resistencias*, debemos tener en cuenta que cuando hablamos de porcentajes nos referimos a porcentajes reales de la RM que podría alcanzar el sujeto en un momento concreto. Cualquier resistencia que supere a la que se utiliza habitualmente es suficiente para producir un aumento de la fuerza máxima. Por ello, el porcentaje mínimo que sería útil para un sujeto no se puede determinar. Es decir, la fuerza máxima se desarrolla con cualquier carga, y la carga concreta en cada caso depende de la situación inicial del sujeto.

Los márgenes de *frecuencia semanal* son aplicables a todos los deportes excepto a algunos especializados en fuerza como la Halterofilia. La frecuencia será mayor cuanto mayores sean las necesidades de fuerza de un deporte. La frecuencia está limitada tanto por la menor necesidad de fuerza como por las exigencias de entrenamiento de otras cualidades.

La *duración de este tipo de entrenamiento como objetivo prioritario* dentro de un ciclo completo de entrenamiento (8-14 semanas aproximadamente) viene determinada por los siguientes factores:

- *Necesidades de fuerza*: la tendencia será a que esta fase dure más cuanto mayores sean las necesidades de fuerza.
- *Duración total del ciclo*: cuanto más dure el ciclo, más se prolongará este tipo de entrenamiento.
- *Momento en el que se realiza el ciclo*: generalmente, los primeros ciclos de la temporada deberán llevar un porcentaje mayor de este tipo de entrenamiento, por lo que será en ellos cuando más dure.
- *Tiempo dedicado en ciclos anteriores inmediatos*: se tenderá a que no en más de un ciclo se dedique muy poco tiempo a este objetivo. Por tanto, el tiempo dedicado depende en parte de lo realizado en los dos ciclos anteriores

Los *ejercicios fundamentales* utilizados estarán en función de las características técnicas de los deportes. Algunos ejercicios localizados pueden ser especialmente idóneos en algunos deportes, por lo que será en ellos en los que se trabajará con mayor énfasis y control. Cuando no sea éste el caso, estos ejercicios serán generalmente un complemento del entrenamiento que no exigirá grandes cargas. Ejercicios como la cargada de fuerza son de más utilidad, su efecto es múltiple y su aportación a los resultados en el rendimiento deportivo es mayor. La sentadilla completa constituye, en la mayoría de los casos, el ejercicio de técnica no compleja más útil de todos los que se pueden utilizar.

Entrenamiento de la Fuerza Útil

Todos los entrenamientos que realicemos, y sobre todo los de fuerza, deben ir encaminados a conseguir o mantener los valores óptimos de fuerza útil o fuerza aplicada en el gesto o los gestos de competición. Todo debe contribuir de manera más o menos directa a la mejora de esta manifestación de la fuerza. No obstante, pueden realizarse algunas sesiones especiales orientadas específicamente a este objetivo. Las características de estas sesiones serían las siguientes:

- *Objetivo*: mejorar u optimizar la fuerza aplicada en el gesto o en los gestos de competición.
- *Resistencias*: próximas a las resistencias específicas o resistencias (fuerzas) de competición.
- *Repeticiones por serie*: determinadas por la velocidad específica (velocidad de competición).

- *Carácter del esfuerzo*: determinado por la velocidad específica.
- *Recuperación entre series*: amplia, de 3 a 5 minutos, tanto tiempo como sea necesario para que la ejecución se realice a la velocidad específica.
- *Velocidad de ejecución*: la propia de competición o muy próxima a ella.
- *Frecuencia semanal*: desde 1 a 3 veces.
- *Duración como objetivo prioritario*: siempre.
- *Ejercicios*: específicos o de características semejantes, siempre que garanticen al menos una transferencia media

Todos los entrenamientos realizados con este objetivo han de considerarse como entrenamientos de aplicación, en los que se pretende sacar el máximo rendimiento al potencial de fuerza alcanzado con otros entrenamientos. La eficacia de este tipo de trabajo depende de los niveles de fuerza máxima y potencia alcanzados en los movimientos de mayor transferencia al ejercicio de competición, del tipo de entrenamiento utilizado para alcanzar dichos niveles de fuerza y potencia y de la forma de realizar el propio entrenamiento de fuerza útil.

Las características del entrenamiento deben circunscribirse a la utilización de resistencias iguales o muy próximas a las de competición (iguales, algo superiores o algo inferiores), realizarse a una velocidad próxima a la de competición, siendo precisamente la velocidad (conjuntamente con la potencia, la fluidez y la ejecución técnica) el principal punto de referencia para decidir si ha de continuarse el entrenamiento o interrumpirse y, por tanto, también determina el carácter del esfuerzo. El carácter del esfuerzo debe ser máximo o casi máximo en relación con la velocidad máxima de ejecución. Es decir, la velocidad deberá ser próxima o igual a la máxima de la competición. Pero el carácter del esfuerzo ha de ser medio o bajo en cuanto al número de repeticiones posibles. Es decir, se deja un amplio margen de repeticiones por realizar, porque de lo contrario la velocidad de realización se alejaría mucho de la velocidad óptima o velocidad de competición. Por tanto, el número de repeticiones por serie viene determinado por la reducción de la velocidad de ejecución y por el deterioro de la técnica. Es decir, la serie se interrumpe cuando la velocidad de realización caiga -quizá no más del 10%- por debajo de la de competición y tanto el deportista como el entrenador perciban que la técnica no se ajusta a la mejor ejecución del deportista.

Aunque el objetivo de mejorar la fuerza útil ha de estar siempre presente en el entrenamiento, el trabajo específico en situación semejante a la de competición puede producir mucho estrés, por lo que, por muy positivo que sea este tipo de entrenamiento, realizar más de tres sesiones a la semana podría ser en la mayoría de los casos contraproducente.

El hecho de que siempre se considere como objetivo prioritario no quiere decir que en todas las semanas del ciclo se realicen entrenamientos de este tipo. La mejora de la fuerza útil se va preparando a través de otros ejercicios, los cuales han de poseer unas características tales que o bien permitan una transferencia notable al ejercicio de competición o que al menos sirvan de base para otros entrenamientos posteriores más específicos.

Entrenamiento de la Producción de Fuerza en la Unidad de Tiempo (Fuerza Explosiva)

Para poder entender el entrenamiento de la fuerza explosiva hay que tener previamente bien claro el concepto de esta expresión de fuerza. Recordemos que la fuerza explosiva no es más que la relación entre la fuerza producida y el tiempo necesitado para ello. Por tanto, la fuerza explosiva se expresa a través de un cociente entre las magnitudes de fuerza y tiempo. Dicho cociente, lógicamente, viene expresado en $N \cdot s^{-1}$. También debemos recordar que la fuerza explosiva se puede manifestar en su máxima expresión sin necesidad de que exista movimiento. Lo que a su vez nos recuerda que no se puede identificar -exclusivamente- entrenamiento de fuerza explosiva con el empleo de cargas muy ligeras o con movimientos muy rápidos. La mejora de la fuerza explosiva está más en relación con la intencionalidad de producir la máxima fuerza en la unidad de tiempo (Behm y Sale, 1993) que con la resistencia contra la que se actúa. La fuerza explosiva, por otra parte, puede ser un componente importante de la fuerza útil, porque en algunos casos no se trata sólo de que se alcance un determinado pico de fuerza, sino que la producción de la fuerza por unidad de tiempo hasta llegar a ese pico sea la adecuada.

Las características básicas del entrenamiento para la mejora de la fuerza explosiva son las siguientes:

- *Objetivo*: mejorar la capacidad de producir fuerza en la unidad de tiempo en las condiciones específicas de competición: tiempo, carga (resistencia) y modo de ejecución (ejercicio)
- *Resistencias*: cualquier resistencia.
- *Repeticiones por serie*: de 1 a 6.
- *Carácter del esfuerzo*: desde el más pequeño: 5-6 repeticiones ante una resistencia mínima, hasta el más elevado: una repetición contra una resistencia insalvable (acción isométrica).
- *Recuperación entre series*: 3-5 minutos, la suficiente para alcanzar la máxima producción de fuerza en la unidad de tiempo en cada serie.
- *Velocidad de ejecución*: máxima posible ante cada resistencia.

- *Frecuencia semanal*: siempre que la activación muscular se hace a la máxima velocidad de acortamiento muscular.
- *Ejercicios*: todos los ejercicios, aunque los de mayor aplicación al rendimiento son la cargada de fuerza y similares, los saltos y los movimientos específicos

El objetivo de mejorar la fuerza explosiva máxima puede no ser prioritario en algunos deportes (pocos) o en algunos gestos o acciones concretas de algunos deportes, como, por ejemplo, en un lanzamiento a canasta en baloncesto. En estos casos el objetivo prioritario será mejorar la fuerza útil, con su correspondiente velocidad específica.

La fuerza explosiva puede entrenarse con cualquier carga siempre que la producción de fuerza por unidad de tiempo sea la máxima posible. En este caso, si las activaciones musculares son dinámicas, la velocidad de desplazamiento ha de ser la máxima. Mientras que el uso de grandes cargas incrementa la velocidad (consecuencia de una mayor fuerza explosiva) a través de una mayor fuerza máxima, el entrenamiento con cargas ligeras también contribuye al aumento de la velocidad por una adaptación cualitativa, el aumento de la velocidad de activación de la miosina ATPasa (Duchateau, 2001). Si la velocidad es la máxima, tanto el entrenamiento con cargas ligeras como altas produce una gran activación neural, mejorando la frecuencia de estímulo en ambos casos (Van Cutsem y col., 1998), lo que da lugar a una mayor producción de fuerza en la unidad de tiempo (fuerza explosiva). Por tanto, las adaptaciones musculares que favorecen la fuerza explosiva se alcanzan tanto con cargas ligeras como con altas. Probablemente, la utilización de ambos tipos de cargas sea lo más efectivo, y esto, de hecho, se ha observado experimentalmente, por ejemplo, en el entrenamiento del salto vertical (Adams y col. 1992; Fatouros y col., 2000).

No obstante, cuando la mejora de la fuerza explosiva es un factor determinante o al menos importante para el rendimiento, lo que hay que tener presente es que la mayor mejora debe producirse ante resistencias que permitan velocidades próximas a la velocidad de competición. Aunque la fuerza explosiva se puede mejorar con cualquier carga, el efecto sobre la mejora de la producción de fuerza será más acentuado en las condiciones de entrenamiento. Esto significa que si se entrena y mejora la fuerza explosiva ante grandes cargas, el efecto positivo ante cargas muy ligeras será mucho menor o incluso puede no producirse. Esto está en relación con el tiempo disponible para producir fuerza. La mejora de la fuerza explosiva cuando se dispone de mucho tiempo (más de 500ms) para producir fuerza no se manifiesta necesariamente cuando el tiempo disponible es muy pequeño (menos de 200ms).

Las repeticiones por serie no deberían ser superiores a seis, y éstas se harían sólo cuando las resistencias fueran muy ligeras. La justificación de esta propuesta está en que es muy probable que incluso con cargas ligeras la velocidad de ejecución y la producción de fuerza decayeran y no se produciría el efecto deseado.

La velocidad de ejecución siempre debe ser la máxima posible. Aquí no caben matizaciones. Si la velocidad no es máxima, nunca se producirá la máxima fuerza explosiva que el sujeto pueda alcanzar ante la resistencia contra la que actúa.

Si la fuerza explosiva se mejora siempre que la velocidad de ejecución sea la máxima posible, no tiene sentido hablar de frecuencia semanal para el entrenamiento de esta manifestación de fuerza, ya que en todas las sesiones de entrenamiento de fuerza se puede estimular su mejora, de la misma manera que tampoco tiene sentido hablar de una fase del ciclo de entrenamiento en el que se entrene la fuerza explosiva, ya que se entrena siempre que se cumplan las condiciones indicadas.

Entrenamiento de la Potencia Máxima y la Potencia Específica

Se ha observado que la combinación de algunos ejercicios es más positivo para la mejora de la máxima potencia -expresada a través de la mejora del salto vertical- que emplear sólo uno de ellos, como la combinación de sentadillas y ejercicios de ciclo estiramiento-acortamiento (CEA) intenso (Adams y col. 1992). Para objetivos de este tipo (salto vertical), la utilización de las resistencias (porcentajes de 1RM) que permiten alcanzar la máxima potencia parecen ser más efectivos que el entrenamiento con pesos o los ejercicios de CEA intenso por separado (Wilson y col. 1993). Otros autores proponen que la utilización de un método mixto con la combinación de estímulos diversos y complementarios como intensidades (%) altas, velocidad máxima (con cargas ligeras), fuerza explosiva, ciclo estiramiento-acortamiento y coordinación intermuscular (técnica) son determinantes para alcanzar los mejores resultados (Newton y Kraemer, 1994). El entrenamiento con los porcentajes con los que se alcanza la máxima potencia en cualquier ejercicio parece ser el estímulo más adecuado para mejorar la potencia (Kaneko y col. 1983; Moss y col. 1997). Pero no en todos los ejercicios se alcanza la máxima potencia con los mismos porcentajes. En la tabla 1 se expresan los porcentajes con los que se alcanza la máxima potencia en algunos de los ejercicios más usados en el entrenamiento de fuerza.

La potencia máxima se ha considerado como el *umbral de rendimiento muscular* (URM), ya que es el óptimo producto de fuerza y velocidad, es decir, es la situación en la que se obtiene el máximo rendimiento mecánico. La aplicación de más fuerza sólo se podría conseguir si la velocidad es menor, y un aumento de la velocidad siempre vendría acompañado de una menor aplicación de fuerza. Por tanto, cualquier cambio en una de estas variables que le alejara de los valores óptimos daría lugar a una reducción de la potencia manifestada.

La mejora de la potencia máxima en algunos ejercicios puede ser positiva, e incluso necesaria, para la mejora del rendimiento específico en algunos casos, pero lo determinante es que se mejore la potencia que se manifiesta en el gesto de competición, es decir, la potencia específica. Por ello, aquí no nos podemos limitar al entrenamiento de la máxima potencia, sino que también debemos tratar de mejorar de la potencia específica. Las características del entrenamiento de la potencia máxima con cualquier ejercicio serán las mismas que las de la potencia específica, pero adaptándolas al ejercicio correspondiente. Por tanto, las características básicas del entrenamiento para la mejora de la potencia máxima y específica son las siguientes:

- *Objetivo*: mejorar la potencia en el gesto de competición o en la realización de cualquier ejercicio.
- *Resistencias*: las propias de cada especialidad para el desarrollo de la potencia específica, aquellas con las que se alcanza la máxima potencia en el ejercicio que se utiliza para entrenar cuando éste no es el específico y las orientadas a la mejora de las distintas expresiones de fuerza máxima.
- *Repeticiones por serie*: determinadas por el valor de la potencia desarrollada en cada repetición.
- *Carácter del esfuerzo*: determinado por el valor de la potencia desarrollada en cada repetición.
- *Recuperación entre series*: 3-5 minutos, la suficiente para alcanzar la máxima producción de fuerza en la unidad de tiempo y la máxima potencia para la carga utilizada en cada serie.
- *Velocidad de ejecución*: máxima posible.
- *Frecuencia semanal*: siempre que se utilicen ejercicios específicos o de transferencia media o alta que tengan como objetivo el desarrollo de la potencia específica y cuando se entrena la máxima potencia en un ejercicio concreto.
- *Ejercicios*: ejercicios específicos y de transferencia media o alta para la potencia específica y ejercicios de transferencia media o alta para la máxima potencia.

La mejora de la potencia específica no es incompatible con la mejora de la potencia máxima. De hecho, la mejora de la potencia específica se estima a través de la mejora de la potencia máxima en algunos ejercicios, que son los que normalmente se pueden medir. La confirmación de que ha mejorado la potencia específica se obtiene si mejora el rendimiento. Por tanto, el entrenamiento debe orientarse tanto a la mejora de la potencia específica como a la potencia máxima.

Las resistencias más idóneas serán preferentemente resistencias próximas a aquellas que permiten alcanzar la máxima potencia en cada ejercicio. Pero la mejora de la potencia también tiene un componente de fuerza importante. No podemos olvidar que la potencia es el producto de la fuerza por el espacio (trabajo) dividido por el tiempo, o lo que es lo mismo, es el producto de la fuerza y la velocidad (espacio dividido por el tiempo). Por tanto, para la mejora de la potencia hay que buscar también la mejora de la fuerza. Cuando la resistencia a vencer es ligera, la fuerza máxima tiene poca importancia en la producción de potencia, pero su influencia aumenta a medida que aumenta la resistencia. De igual modo, la fuerza máxima presenta una relación significativa con la producción de potencia cuando ésta se mide en el inicio de la fase concéntrica de un CEA intenso (Cronin y col. 2000).

El valor máximo de potencia depende de la velocidad del movimiento y de la fuerza aplicada. Si cualquiera de ellas es muy pequeña, la potencia será siempre baja. Pero si tenemos en cuenta que sujetos con valores de potencia máxima muy diferentes la alcanzan a velocidades idénticas o muy próximas (ver Tabla 1), debemos concluir que el factor diferenciador en la potencia es la fuerza aplicada. Esto quiere decir que para mejorar la potencia máxima, la vía que tiene más posibilidades es la mejora de la fuerza. Esta afirmación viene reforzada si, además, tenemos en cuenta que la velocidad de contracción muscular tiene un margen pequeño de mejora, y en cualquier caso mucho menor que el de la fuerza. Quizás sea ésta la razón por la que se ha observado que cuando se entrena con porcentajes superiores a aquellos con los que se alcanza la máxima potencia se obtiene un mayor efecto sobre la mejora de toda la curva de potencia que cuando se entrena con movimientos que permiten una gran velocidad, pero que, necesariamente, han de realizarse con porcentajes inferiores a aquellos con los que se alcanza la máxima potencia (Kaneko y col. 1983; Moss y col. 1997; Kanehisa y Miyashita 1983, en Behm y Sale, 1993). Por tanto, la evolución de la potencia se producirá por un aumento progresivo de la fuerza aplicada a la misma velocidad.

La fuerza explosiva tiene también una intervención decisiva en la mejora de la potencia, puesto que la mayor producción de fuerza a la misma velocidad sólo se puede alcanzar si mejora la producción de fuerza en la unidad de tiempo, aunque, generalmente, lo más importante para el rendimiento es aumentar la velocidad ante la misma carga (situación de la que depende el rendimiento específico en, prácticamente, todos los deportes menos uno, la halterofilia), y esto, que significa una mejora de la potencia, depende directamente de la producción de fuerza en la unidad de tiempo. La fuerza que se aplica al alcanzar la máxima potencia es un valor de fuerza dinámica máxima relativa (FDMR), es decir, un valor de fuerza inferior al de la fuerza dinámica máxima (FDM), que es la fuerza aplicada en 1RM. Por tanto, la mejora de la potencia no depende directamente de la mejora de la FDM, sino de la mejora de la FDMR con la que se alcanza la máxima potencia. Si la FDM no se ha modificado, alcanzar una mayor FDMR significa que ha disminuido el *déficit* de fuerza, y esto sólo se puede conseguir si se aplica más fuerza en la unidad de tiempo (fuerza explosiva), que se traduce en aplicar más fuerza a la misma velocidad o alcanzar más velocidad ante la misma carga. No obstante, la FDMR no mejorará permanentemente si

nunca mejora la FDM. Por tanto, para seguir mejorando la potencia será necesario aumentar también en mayor o menor medida la FDM en algunos momentos.

Aunque la fuerza en sus distintas expresiones tiene importancia en la manifestación de potencia, no debemos olvidar que si las resistencias a vencer son pequeñas, también la velocidad es determinante. El efecto del entrenamiento es fundamentalmente específico, es decir, se produce en las condiciones de entrenamiento. Por ello, aunque se estimule el desarrollo de la fuerza como requisito previo para mejorar la potencia, la utilización de las resistencias próximas a la de competición e incluso inferiores es necesaria. En definitiva, se alcanzan mayores efectos si se combinan los entrenamientos que estimulan la fuerza máxima (entrenada a la máxima o casi máxima velocidad posible ante cualquier carga), la máxima potencia y la velocidad superior a la de máxima potencia, que si se entrena estimulando sólo una de estas capacidades. El grado de estimulación de cada una de estas capacidades dependerá de las características de cada deporte o especialidad, y el objetivo será mejorar la potencia específica, que sólo se puede valorar por la mejora del rendimiento.

Cuando el objetivo específico del entrenamiento es la mejora de la potencia, tanto el número de repeticiones por serie como el carácter del esfuerzo deberían dosificarse tomando como referencia los valores de potencia alcanzados en cada repetición. Las repeticiones por serie se mantienen mientras que la potencia no baje en un porcentaje determinado. Si el objetivo específico es la mejora de la fuerza, los criterios serán los propios de esta capacidad. Por otra parte, la velocidad de ejecución siempre será la máxima posible en todos los casos. No tendría sentido intentar mejorar la potencia sin aplicar la máxima velocidad en cada repetición, dado que la velocidad es uno de los componentes de la potencia.

En cuanto a los ejercicios, debemos considerar que aunque la máxima potencia se puede entrenar en cualquier ejercicio, sólo se deberían utilizar con este objetivo los ejercicios específicos y aquellos que presenten la posibilidad de transferir, al menos medianamente, sus efectos sobre la potencia específica. En este grupo se encuentran los ejercicios multiarticulares que generan valores altos de potencia, como pueden ser los ejercicios de levantamiento olímpico o sus parciales, los ejercicios de salto y los de lanzamientos.

REFERENCIAS

1. Aagaard, P y Andersen, J. L (1998). Correlation between contractile strength and myosin heavy chain isoform composition in human skeletal muscle. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(8): 1217-1222
2. Adams, K., O'Shea, J.P., O'shea, K.L. y Climstein, M. (1992). The effects of six weeks of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production. *J. of Appl. Sport Sci. Research*, 6.1: 36-41
3. American College of Sport Medicine position stand (2002). Progression models in resistance training for healthy adults. *Med. Sci. Sport Exerc.* 34 (2): 364-380
4. Baker, D (2001). Comparison of upper-body strength and power between professional and college-aged rugby league players. *J. Strength Cond. Res.* 15:30-35
5. Baker, D., S. Nance, and M. Moore (2001). The load that maximizes the average mechanical power output during jump squats in power-trained athletes. *J. Strength Cond. Res.* 15:92-97
6. Behm, D. G; Sale, D. G (1993). Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. *J. Appl. Physiol.* 74(1): 359-368
7. Carpinelli, R.N. and R.M. Otto (1998). Strength training: single versus multiple sets. *Sports Med.* 26 (2): 73-84
8. Cronin, J. B; McNair, P. J; Marshall, R. N (2000). The role of maximal strength and load on initial power production. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32(10): 1763-1769
9. Cronin, J., P.J. McNair, and R.M. Marshall (2001). Developing explosive power: A comparison of technique and training. *J. Sci. Med. Sport.* 4:59-70
10. Duchateau, J (2001). The characteristics and development of explosive power. *AEFA. Diciembre:* 14-20
11. Edgerton, V.R., Roy, R.R., Gregor, R.J y Rugg, S (1986). Morphological basis of skeletal muscle power output. *En N.L. Jones, N. McCartney y A.J. McComas (ed.) Human muscle power. Champaign, Illinois. Human Kinetics*
12. Edman, K.A.P (1992). Contractile performance of skeletal muscle fibers. In: *Strength and power in sport. Editado por P. Komi. Blackwell Scientific Publication, London, 96-114*
13. Enoka, R.M (2002). Neuromechanics of human movement. *Champaign: Human Kinetics*
14. Fatouros, I. G; Jamurtas, A. Z; Leontsini, D; Taxildaris, K; Aggelousis, N; Kostopoulos, N; Buckenmeyer, P (2000). Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *J. Strength Condit. Research.* 14(4): 470-476
15. Faulkner, J.A., Clafin, D.R. y McCully, K.K (1986). Power output of fast and slow fibers from human skeletal muscles. *En N.L. Jones y otros (editores) Human muscle power. Champaign, IL. Human Kinetics*
16. Garhammer, J (1993). A review of power output studies of Olympic and powerlifting: methodology, performance prediction, and evaluation tests. *J. Strength Condit. Research.* 7(2): 76-89
17. Goldspink, G (1992). Cellular and Molecular Aspects of Adaptation in Skeletal Muscle. *En: Strength and power in sport. Editado*

por P. Komi. Blackwell Scientific Publication, London, 211-229

18. Gordon AM, Homsher E, y Regnier M (2000). Regulation of contraction in striated muscle. *Physiological Rev.* 80(2):853-924
19. Hakkinen, K. y Kauhanen H (1989). Daily changes in neural activation, force-time and relaxation-time characteristics in athletes during very intense training for one week. *Electromyogr. Clin. Neurophysiol.* 29: 243-249
20. Hakkinen, K., Alen, M. y Komi, P. V (1984). Neuromuscular, anaerobic, and aerobic performance characteristics of elite power athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.* 53:97-105
21. Harman, E (1993). Strength and power: a definition of terms. *N. Strength Cond. A. J.* 15(6): 18-20
22. Harris, G. R; Stone, M. H; O'Bryant, H. S; Proulx, C. M; Johnson, R. L (2000). Short-term performance effects on high power, high force, or combined weight-training methods. *J. Strength Conditioning Res.* 14(1): 14-20
23. Herzog, W y R. Ait-Haddou (2003). Mechanical muscle models and their application to force and power production. *En P.V. Komi (Ed.) Strength and power in sport: 154-183. Londres. Blackwell Science*
24. Herzog, W (2000). Mechanical properties and performance in skeletal muscles. *En V.M. Zatsiorsky (Ed.)*
25. Herzog, W (2000). Biomechanics in sport. *Londres. Blackwell Science*
26. Izquierdo, M., K. Hakkinen, J.J. Gonzalez-Badillo, J. Ibanez, and E.M. Gorostiaga (2002). Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *Eur. J. Appl. Physiol.* 87:264-271
27. Kaneko, M., Fuchimoto, T., Toji, H. y Suey, K (1983). Training effect of different loads on the force-velocity relationship and mechanical power output in human muscle. *Scand. J. Sports Sci.* 5(2): 50-55
28. Knuttgen, H.G. y Kraemer, W.J (1987). Terminology and measurement in exercise performance. *J. of Appl. Sports Sci. Res.* 1: 1-10
29. Komi, P (1986). The stretch-shortening cycle and power output. *En N.L. Jones, N.McCartney y A.J. McComas (ed.) Human muscle power. Champaign, Illinois. Human Kinetics.*
30. Matveyer, L.P. y Gilyasova, V.B (1990). The dynamics of the training load. *En A collection of European Sports Science Translations (part II): 39-41*
31. Mayhew, J.L., J.S. Ware, R.A. Johns, and M.G. Bemben (1997). Changes in upper body power following heavy-resistance strength training in college men. *Int. J. Sports Med.* 18:516-520
32. Moss, B. M; Refsnes, P. E; Abildgaard, A; Nicolaysen, K; Jensen, J (1997). Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships. *Eur. J. Appl. Physiol.*: 75(3): 193-199
33. Newton, R.V. y Kraemer, W.J (1994). Developing explosive muscular power: implications for a mixed methods training strategy. *Strength and Conditioning (N.S.C.A.)* 16(5): 20-31
34. Pampus, B., Lehnertz, K. Y Martin, D (1990). The effect of different load intensities on the development of maximal strength and strength endurance. *En A collection of European Sports Science Translations (part II): 20-25*
35. Rahmani, A., F. Viale, G. Dalleau, and J-R. Lacour (2001). Force/velocity and power/velocity relationships in squat exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 84:227-232
36. Sale, D. G (1991). Physiological Testing of the high performance athlete. *Champaign, Illinois. Human Kinetics*
37. Sale, D. G (1991). Testing strength and power. *En J.D. MacDougall, H.A. Wenger and H.J. Green*
38. Sale, D. G (1992). Neural adaptation to strength training. *In: Strength and power in sport. Edited by P. Komi. Blackwell Scientific Publication, London, 249-266*
39. Sale, D. G (1993). Determining factors of strength. *NSCAJ* 15, 1 ; 9-31
40. Schmidtbleicher, D (1992). Training for power events. *En P. Komi (ed.) Strength and power in sport London, Blackwell: 381-395*
41. Semmler, J.G. y Enoka, R.M (2000). Neural contributions to changes in muscle strength. *En V. Zatsiorsky (Ed.) Biomechanics in sport. London, Blackwell: 3-20*
42. Siegel, J.A., R.M. Gilders, R.S. Staron, and F.C. Hagerman (2002). Human muscle power output during upper- and lower-body exercises. *J. Strength Cond. Res.* 16:173-178
43. Siff, M.C (2000). Biomechanical foundations of strength and power training. *En V. Zatsiorsky (Ed.) Biomechanics in sport. London, Blackwell: 103-139*
44. Smirnov, M (1998). Do we need a methodological reform? . *Modern athlete and coach.* 36 (2): 33-36
45. Stone, M. H; Keith, R. E; Kearney, J. T; Fleck, S. J; Wilson, G. D; Triplett, N. T (1991). Overtraining: a review of the signs, symptoms and possible causes. *J. Appl. Sport Sci. Res.* 5(1): 35-50
46. Van Cutsem M., Duchateau J y Hainaut K (1998). Changes in single motor unit behaviour contribute to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. *J. Physiol.* 513:295-305
47. Viru A (1995). Adaptation in sports training. *CRC*
48. Viru, A (1993). About training loads. *Modern athlete and coach.* 31 (4): 32-36
49. Wilson, G. J; Lyttle, A. D; Ostrowski, K. J; Murphy, A. J (1995). Assessing dynamic performance: a comparison of rate of force development. *Journal of strength and conditioning research.* 9(3): 176-181
50. Wilson, G.J, Newton, Murphy, A. y Humphries. B (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23:1279-1286
51. Wilson, G.J, Newton, Murphy, A. y Humphries. B (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23:1279-1286
52. Young, W. B; Bilby, G. E (1993). The effect of voluntary effort to influence speed of contraction on strength, muscular power, and hypertrophy development. *Journal of strength and conditioning research.* 7(3): 172-178
53. Young, W.B (1993). Training for speed/strength: heavy vs. light loads. *National strength and conditioning association journal.* 15(5): 34-42
54. Zatsiorsky, V.M (1993). Biomechanical basis of strength training. *Congreso Mundial de la Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Granada (paper)*
55. Zatsiorsky, V.M (1995). Science and practice of strength training. *Champaign, Illinois. Human Kinetics*

56. Zhelyazkov, T (2001). Bases del entrenamiento deportivo. *Barcelona: Paidotribo*