

EL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA PARA NIÑOS Y JÓVENES: PAUTAS PARA SU DESARROLLO

Enviado por [Alto Rendimiento](#)

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...

Autor(es): Juan José González-Badillo

Congreso: III Congreso Nacional Ciencias del Deporte

Pontevedra- 29-31 de Marzo de 2007

ISBN: 84-978-84-611-6031-0

Palabras claves: ENTRENAMIENTO, FUERZA, NIÑOS Y JÓVENES

Resumen

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.

INTRODUCCIÓN

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 sarcómeros en paralelo, la tensión específica o fuerza que una fibra

muscular puede ejercer por unidad de sección transversal ($N \cdot cm^{-2}$) (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 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, 2000a, González-Badillo y Serna, 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). Contenido disponible en el CD Colección Congresos nº 3.

Relación entre la fuerza y el tiempo Cuando 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 Desplazamiento Fuerza Inicio movimiento Final fase excéntrica Momento de mínima aplicación de fuerza en la fase concéntrica (mitad del recorrido) 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 $N \cdot s^{-1}$. 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", es decir, la relación entre la fuerza producida y el tiempo empleado en ello, y, lógicamente, se expresa en $N \cdot s^{-1}$. 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 10ms. Cuando en la literatura internacional se necesita utilizar este término, la "rate of force development" se expresa con RFD máxima (RFDmax o MRFD). A este valor de fuerza explosiva se le debería llamar, 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). Contenido disponible en el CD Colección Congresos nº 3.

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 311N, que representa el 30,4% del pico máximo de la fuerza isométrica, que es de 1021N. El tiempo transcurrido hasta el pico máximo de producción de fuerza es de 103ms. 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 F_{Emax} . 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 F_{Emax} 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 F_{Emax} (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). Contenido disponible en el CD Colección Congresos nº 3.

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. 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.

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 Fuerza Desplazamiento 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, 1989), 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, 1998). 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. Algunas tienen una respuesta o aclaración, pero a su vez surgen otras interrogantes que quedan planteadas como problemas pendientes de resolver: - ¿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 1RM 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 (% 1RM) 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 1RM 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 $0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 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 $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 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 $0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 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 $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. 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 $< 0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) el margen de porcentajes útiles para estimular la máxima potencia oscilaría aproximadamente entre el 35 y el 60% de 1RM. En el caso de que se trate de ejercicios en los que la RM se alcance a velocidades medias superiores a $0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 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. En la tabla 1 se indican las velocidades de 1RM, la velocidad y el porcentaje de 1RM a la que se alcanza la máxima potencia.

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). Contenido disponible en el CD Colección Congresos nº 3.

SUPUESTOS BÁSICOS DE LA ADAPTACIÓN

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 definen a la propia adaptación y que justifiquen la metodología del entrenamiento. 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. Juan José González-Badillo 14 - 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.

ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA

En el proceso de entrenamiento de la fuerza plantea una serie de interrogantes que deben considerarse para determinar la carga de entrenamiento. Tiempo de adaptación. Depende de la edad del sujeto, tiempo dedicado al entrenamiento, nivel alcanzado, frecuencia de entrenamiento Progresión de las cargas. Permanente, pero no excesiva. Mínimo esfuerzo rentable ¿Cuándo aumentar las cargas? Cuando se han asimilado y ya no constituyen un estímulo ¿Cómo saber si el estímulo ya no es válido? Por observación: relación entre exigencias de entrenamiento y reservas de rendimiento ¿Cuándo se debe empezar a entrenar? Teniendo en cuenta demandas del deporte y fases sensibles. Lo que importa es el cómo no el cuándo ¿Cuánta fuerza hay que desarrollar? Según necesidades del deporte. Toda la que sea útil para el deporte ¿Qué ejercicios hay que emplear? Ejercicios generales más útiles y ejercicios más específicos ¿Con qué frecuencia hay que entrenar? En función del nivel deportivo y las necesidades del deporte ¿Qué carga/intensidad hay que utilizar? Según necesidades de fuerza ¿Cuál es el determinante general de la magnitud global de la carga óptima? El déficit de adaptación La iniciación en el entrenamiento de la fuerza Uno de los condicionantes que es necesario tener en cuenta para iniciar el entrenamiento de la fuerza, al igual que para cualquier otra cualidad o habilidad, es el momento en el que el organismo pase por una fase del desarrollo en la que exista una especial predisposición para mejorar la fuerza. El desarrollo de la fuerza en niños más allá de lo que le correspondería por su propia maduración biológica natural antes de alcanzar las fases sensibles ha sido comprobado en numerosos estudios. Quizá el momento más aconsejable para iniciar un entrenamiento serio y sistemático de la fuerza sea cuando se alcanzan las fases sensibles para el desarrollo de la fuerza, aunque no se descarta que sea muy positivo empezar antes. De hecho, la estimulación adecuada de la mejora de la fuerza probablemente sea uno de las formas de entrenamientos más controladas y eficaces que pueda hacer un niño y un joven. En un estudio realizado por J. Loko y col. (1996) con jóvenes de países fríos se observó que las edades de mayor aumento proporcional de la fuerza en hombres eran desde los 12 a los 17 años y en las mujeres entre los 10 y 13 años. En la tabla 1 tenemos una síntesis de las conclusiones del estudio. En esta tabla se indican los periodos de tiempo en los que se produjo el mayor aumento de la fuerza desde los 11 a los 20 años en hombres y entre los 10 y los 18 años en mujeres.

Tabla 1. Fases sensibles en el desarrollo de la fuerza (datos de J. Loko y col., 1996). Contenido disponible en el CD Colección Congresos nº 3.

Pautas generales para la dosificación de la carga según las necesidades de fuerza y la edad y experiencia del sujeto La dosificación de la carga viene expresada en términos de carácter del esfuerzo (CE)

DOSIFICACIÓN DE LA CARGA:

Carácter del esfuerzo

Contenido disponible en el CD Colección Congresos nº 3.

CE Y SESIONES CON CADA TIPO SEGÚN NECESIDADES DE FUERZA EN UN CICLO COMPLETO

Contenido disponible en el CD Colección Congresos nº 3.

SESIONES SEMANALES SEGÚN NECESIDADES DE FUERZA

Contenido disponible en el CD Colección Congresos nº 3.

EVOLUCIÓN DEL CARÁCTER DEL ESFUERZO A TRAVÉS DE LAS DISTINTAS ETAPAS DE DESARROLLO DE LA FUERZA

Normas generales para la iniciación en el entrenamiento de fuerza • Individualizar las cargas de entrenamiento • Entrenar todos los grandes músculos, tanto flexores como extensores • Ejercitar los músculos en toda la amplitud del movimiento • No entrenar dos días seguidos • No entrenar más de tres días por semana • Mantener una suave pero suficiente y adecuada progresión de las cargas • No emplear esfuerzos de carácter máximo (ni % muy altos ni máximo número posible de repeticiones por serie) • Evitar los tests de 1RM • Evitar entrenamientos/ejercicios de carácter excéntrico con cargas altas • Dar variedad a las sesiones de entrenamiento • Dar preferencia a los ejercicios con pesos libres • Seleccionar los ejercicios según las necesidades personales y las de la especialidad deportiva • Conocer la técnica de realización de los ejercicios • Antes de introducir un nuevo ejercicio se debe realizar el aprendizaje de la técnica correspondiente • Proporcionar buenos modelos de ejecución y adecuadas instrucciones.

Bibliografía

- 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
- American College of Sport Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med. Sci. Sport Exerc.* 34 (2): 364-380. 2002
- 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
- Carpinelli, R.N. and R.M. Otto (1998). Strength training: single versus multiple sets. *Sports Med.* 26 (2): 73-84.
- 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

- 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
- González-Badillo, J.J. (1991). Halterofilia. Madrid. C.O.E.
- González-Badillo, J.J. (1994) Modelos de planificación y programación en deportes de fuerza y velocidad: 1ª parte. En J.J. González-Badillo, M.Vélez y J.L. Martínez. Modelos de planificación y programación en deportes de fuerza y velocidad. Madrid. C.O.E.S: 14- 142
- González-Badillo, J.J. (2000a) Concepto y medida de la fuerza explosiva en el deporte. Posibles aplicaciones al entrenamiento. RED, XIV (1): 5-16
- González-Badillo, J.J. (2000b) Bases teóricas y experimentales para la aplicación del entrenamiento de fuerza al entrenamiento deportivo. Infoco.es. 5(2): 3-14
- González-Badillo, J.J. y Gorostiaga, E. (1995) Fundamentos del entrenamiento de fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo. Barcelona. INDE
- González Badillo, Juan José y Juan Ribas Serna (2002). Bases de la programación del entrenamiento de fuerza. Barcelona: INDE
- González-Badillo, J.J., E.M. Gorostiaga, R. Arellano, and M. Izquierdo (2005). Moderate resistance training volume produces more favourable strength gains than high or low volumes. The Journal of Strength and Conditioning Research. 19 (3): 689-697
- González-Badillo, J.J., M. Izquierdo, and E.M. Gorostiaga (2006). Moderate volume of high relative training intensity produces greater strength gains compared with low and high volumes in competitive weightlifters. The Journal of Strength and Conditioning Research.. 20(1): 73-81
- Juan José González-Badillo 20
- Harman, E. (1993) Strength and power: a definition of terms. N. Strength Cond. A. J. 15(6): 18-20
- 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.
- 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
- Knuttgen, H.G. y Kraemer, W.J. (1987) Terminology and measurement in exercise performance. J. of Appl. Sports Sci. Res. 1: 1-10
- Kuipers, H. (1996) How much is too much. Performance aspects of overtraining. Research Quarterly Exercise and Sport. 67(supplement 3): S65-S69
- 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
- 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
- Sale, D. G. (1991). Testing strength and power. En J.D. MacDougall, H.A. Wenger and

- H.J. Green. Physiological Testing of the high performance athlete. Champaign, Illinois. Human Kinetics.
- 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
- Schmidtbleicher, D. (1992) Training for power events, en P. Komi (ed.) Strength and power in sport London, Blackwell: 381-395
- Semmler, J.G. y Enoka, R.M. (2000) Neural contributions to changes in muscle strength. En V. Zatsiorsk (Ed.) Biomechanics in sport. London, Blackwell: 3-20
- Siff, M.C. (2000) Biomechanical foundations of strength and power training. En V. Zatsiorsk (Ed.) Biomechanics in sport. London, Blackwell: 103-139
- Smirnov, M. (1998). Do we need a methodological reform? Modern athlete and coach. 36 (2): 33-36.
- 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
- Viru, A. (1993). About training loads. Modern athlete and coach. 31 (4): 32-36. Juan José González-Badillo 21
- 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
- Young, W.B. (1993) Training for speed/strength: heavy vs. light loads. National strength and conditioning association journal. 15(5): 34-42
- 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