



Secretaría General para el Deporte  
Instituto Andaluz del Deporte

Departamento de Formación  
formacion.iad.ctcd@juntadeandalucia.es

# ***DOCUMENTACIÓN***

**200609301**

## **ENCUENTRO SOBRE ALTO RENDIMIENTO DEPORTIVO**

**La carga de entrenamiento y el rendimiento en fuerza y  
potencia muscular**

\*\*\*

**JUAN JOSÉ GONZÁLEZ BADILLO**  
Doctor en Educación Física  
Profesor Contratado de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla

**MIKEL IZQUIERDO REDÍN**  
Doctor en Educación Física  
Profesor Titular de la Universidad de León

**Málaga**  
**12 de mayo de 2006**

## 1. DEFINICIÓN DE CARGA DE ENTRENAMIENTO

Se entiende por carga el conjunto de exigencias biológicas y psicológicas provocadas por las actividades de entrenamiento. La *carga real* es el conjunto de exigencias biológicas y psicológicas provocadas por las actividades de entrenamiento, que producen desgaste, distintas alteraciones fisiológicas y alteración del equilibrio homeostático. La *carga propuesta* es el conjunto de estímulos a través de los cuales se expresa la carga real. Estos estímulos constituyen el entrenamiento al que se enfrenta el deportista de manera sistemática. Se espera que la *carga propuesta* provoque las modificaciones funcionales, bioquímicas, morfológicas y físicas que se han programado al diseñar la *carga real*. La interrelación entre ambos tipos de carga constituye la esencia del entrenamiento deportivo. Por tanto, la carga que se programa es la *carga real*, y ésta ha de venir correctamente expresada a través de la *carga propuesta*.

La aplicación de la carga de entrenamiento 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?

Si el entrenador quiere aproximarse a la respuesta de estas interrogantes, debe tomar conciencia de que su tarea fundamental como técnico consiste en definir la carga de manera precisa y exhaustiva, controlar y analizar la relación entre la carga real y la carga propuesta y entre ambas y el rendimiento, así como validar modelos de medición y cuantificación de las cargas. Sólo así podrá manifestar que está generando y desarrollando una metodología de entrenamiento.

Una de estas cuestiones fundamentales es si la carga propuesta y cuantificada es realmente la que se pretende proponer. Si la respuesta es negativa, el *valor de la intensidad relativa* propuesta no será verdadero, lo que dará lugar a que los porcentajes, la velocidad, el tipo de esfuerzo, etc. que se proponen no representen fielmente a la carga programada (carga real). Incluso admitiendo que la carga propuesta se ajuste al objetivo previsto, aún tenemos que preguntarnos si se ajusta o no al sujeto al que va a ser aplicada, porque la carga puede producir los efectos deseados, como, por ejemplo, mejorar claramente la fuerza, pero no ser la apropiada para todos los sujetos ni todas las situaciones.

En cuanto al control del entrenamiento, debemos tener en cuenta que sólo debemos controlar aquellos ejercicios que sean relevantes, porque no todos los ejercicios producen una misma carga ni el mismo efecto sobre el rendimiento específico. Esto necesariamente nos lleva a una nueva pregunta que ha de ser objeto de análisis por parte del técnico, y es la que hace referencia a la determinación de cuáles son estos ejercicios, considerando, además, que la relevancia de los ejercicios cambia con la mejora del nivel deportivo.

## 2. ¿CUÁNTA CARGA HAY QUE APLICAR?

La problemática de la cantidad de carga ha sido tratada con frecuencia en las dos últimas décadas. A pesar de ello, el problema de la carga óptima y la efectividad del estímulo dentro del proceso de entrenamiento no está resuelto 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 son óptimos en un momento dado

## Encuentro sobre Alto Rendimiento Deportivo

---

(Hakkinen, 89), pero es necesario conocer los valores de estas variables si queremos aproximarnos al programa óptimo de entrenamiento, ya que la llave del éxito no está en un volumen (o carga) extremo de entrenamiento. 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).

Con respecto al volumen, 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).

Con respecto a la intensidad, los planteamientos y conclusiones siguen la misma línea, ya que mientras que la rápida o inmediata mejora del rendimiento puede estar directamente relacionada con la intensidad, se propone que el nivel final de rendimiento está inversamente relacionado con la intensidad de entrenamiento (Edington y Edgerton, 1976; en Stone y col. 1991).

Algunos estudios concretos vienen a confirmar todas estas hipótesis y deducciones. Se ha observado que duplicando el volumen de entrenamiento de un grupo de nadadores durante seis semanas no se logró un mayor rendimiento (Costill y col. 1991). Con respecto a la mejora de la fuerza, se ha encontrado que con un volumen aproximado del 65% del máximo se pueden obtener los mismos resultados que con dicho máximo (González-Badillo, 2005), o que con tres series por grupo muscular por semana hasta el fallo se produjeron los mismos efectos o superiores que con 6 y 12 series (Ostrowski y col., 1997). Para un mismo volumen (número de repeticiones) total de entrenamiento, si un deportista tiende a realizar el mayor número posible de repeticiones con intensidades superiores al 90%, no alcanza los mejores resultados (González-Badillo, 2006).

### 3. LA CARGA DE ENTRENAMIENTO Y LA TRANSFERENCIA

#### 3.1. Definición y aplicación del concepto de transferencia

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 se reflejen 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.

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. Cuando el ejercicio es exactamente igual que aquel con el que se van a medir los resultados, no se puede hablar de transferencia.

## Encuentro sobre Alto Rendimiento Deportivo

---

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 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 hay que crear una situación experimental en la que se controlen debidamente las variables de interés. Sin embargo, en la práctica se habla con mucha frecuencia y ligereza sobre *transferencia* y, sobre todo, sobre *ejercicios de transferencia* y *fases de transferencia*.

La transferencia se puede considerar positiva (o simplemente *transferencia*) y negativa (*interferencia*). La transferencia se produce cuando se estimulan uno o varios de los factores determinantes del rendimiento en la actividad receptora de la transferencia, como pueden ser los ángulos en que se aplica la fuerza, el tipo de activación muscular, la fase del movimiento en que se produce el pico máximo de fuerza y la máxima aceleración, la producción de fuerza en la unidad de tiempo, e incluso las fuentes energéticas dominantes. En definitiva, el condicionante que determina la transferencia es la estructura del movimiento, y, por tanto, deben darse requerimientos dinámicos, neuromusculares y estructurales semejantes en ambas actividades, sin olvidar los factores energéticos.

Debemos destacar también que 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. 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 significa 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.

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 (González-Badillo y Serna, 2002):

- *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 hace– que inmediatamente después del ejercicio de fuerza hay que hacer otro ejercicio –supuestamente más específico– para *transferirle la fuerza*. Esta actividad no sólo no es una transferencia, sino que puede ser incluso

## Encuentro sobre Alto Rendimiento Deportivo

---

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. 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.
- 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, las consecuencias sólo serían las que hemos indicado en los párrafos anteriores, y probablemente la fuerza no quedaría afectada 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 resultaría 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. 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 "a 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

## Encuentro sobre Alto Rendimiento Deportivo

---

se pone el énfasis en el entrenamiento de una determinada manifestación de fuerza, 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 (potencia = fuerza · 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, 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, luego no tiene sentido *hacer una fase de transferencia*. De lo indicado se deduce que no tiene sentido decir que *hoy a las cinco de la tarde empezamos a transferir*. *Las fases de transferencias son todas las del ciclo y cada uno de los entrenamientos, hasta que se compite*. 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.

### 3.2. Efectos de tres tipos de entrenamiento de fuerza sobre el rendimiento físico

En este estudio se ha podido comprobar el efecto de tres tipos de carga aplicadas sólo al ejercicio de sentadilla sobre la mejora del propio ejercicio de sentadilla, el salto vertical (transferencia) y la eficiencia del entrenamiento.

El objetivo de este estudio fue investigar el efecto de tres tipos de estímulos de entrenamiento sobre los cambios en el rendimiento físico, la modificación de las fibras

## Encuentro sobre Alto Rendimiento Deportivo

---

musculares y la expresión genética precoz en la fibra muscular. En este caso sólo presentamos los resultados relativos a los efectos sobre el rendimiento físico.

Veintinueve sujetos fueron ordenados en función de su repetición máxima (RM) inicial en el ejercicio de sentadilla y asignados a tres grupos siguiendo el procedimiento ABCA. Se realizaron 19 sesiones de entrenamiento durante 7 semanas: 2 semanas de 2 sesiones y 5 semanas de 3 sesiones. El único ejercicio realizado fue el ejercicio de sentadilla completa o profunda. Cada grupo realizó un entrenamiento con cargas progresivas con las siguientes características: el grupo A utilizó cargas entre el 60 y el 75% de 1RM, con series de 3 a 6 repeticiones, un total de 375 repeticiones en las 7 semanas, una intensidad media del 65,7%, y 4,6 repeticiones por serie de media durante todo el periodo de entrenamiento. El grupo B realizó cargas entre el 80 y el 85% de 1RM, de 5-8 repeticiones por serie, un total de 659 repeticiones, una intensidad media del 76,3% y 6,3 repeticiones por serie de media. El grupo C realizó cargas entre el 85 y el 100% de 1RM, de 1 a 4 repeticiones por serie, 427 repeticiones en total, una intensidad media del 76,1% y 3,6 repeticiones por serie de media. Antes y después del entrenamiento se realizó un test de 1RM de sentadilla, un test de salto vertical sin cargas y con cargas progresivas y se extrajo una muestra de tejido muscular del vasto lateral.

Todos los grupos mejoraron significativamente sus resultados intragrupo en 1RM en sentadilla, en la potencia media en sentadilla y en el salto con contramovimiento (CMJ). En el test de 1RM los porcentajes de mejora fueron muy similares en los grupos A y B, mientras que en el C las mejoras fueron superiores a ambos, pero no de manera significativa. En la potencia media los porcentajes de mejora fueron muy similares en los grupos A y C, y superiores en un 40% aproximadamente a la mejora en B, aunque no de manera significativa. Los porcentajes de mejora en el CMJ fueron muy semejantes en los grupos A y B, y claramente superiores a ambos en el C, pero no de manera significativa.

Todos los grupos mejoraron significativamente el salto vertical con cargas con 17, 27 y 37 kg, pero sólo el grupo C mejoró significativamente con 47 kg. Los grupos A y C mejoraron significativamente los valores de la producción de fuerza en la unidad de tiempo (RFD) con todos los pesos, mientras que el grupo B sólo mejoró con 17 y 27 kg. No se observaron diferencias significativas entre los grupos, pero en el análisis de covarianza se observó que el grupo C fue superior al B con una diferencia próxima a la significatividad con 27 ( $p = 0,06$ ) y con 47 kg ( $p = 0,07$ ).

Todas las relaciones entre la RM y la potencia media en sentadilla y el CMJ fueron significativas, pero la relación entre los cambios de estas dos variables y los cambios en el CMJ fueron superiores. Controlando el peso corporal a través de la correlación parcial, se pudieron detectar unas relaciones bastante superiores entre la RM y el CMJ: 0,61 ( $p = 0,003$ ) y 0,72 ( $p = 0,000$ ) para los tests 1 y 2, respectivamente, y se mantuvieron prácticamente estables para los cambios ( $r = 0,63$ ;  $p = 0,002$ ). Resultados parecidos se alcanzaron para la relación entre el CMJ y la potencia media: 0,68 ( $p = 0,002$ ) y 0,71 ( $p = 0,000$ ) para los tests 1 y 2, respectivamente.

El grado de relación entre la RM en sentadilla y las alturas de los saltos con los distintos pesos aumentó en el segundo test con respecto al primero en todos los casos. Sin embargo, la relación entre los cambios en los valores de ambas variables sólo fue significativa con los dos pesos más altos (47 y 57 kg).

Las relaciones entre la RM en cada test y la RFD se mantuvieron de manera muy estable y con valores de correlación significativos en los dos tests, pero los cambios en ambas variables sólo alcanzaron una relación significativa con la máxima carga, 57 kg.

## Encuentro sobre Alto Rendimiento Deportivo

---

Se observó una tendencia a elevarse el valor de la correlación entre cambios a medida que aumentaba la carga.

La relación entre la altura del salto y la RFD con las distintas cargas fue claramente superior en el segundo test con respecto al primero. En el segundo test todas las relaciones fueron significativas, mientras que en el primero hubo dos que no lo fueron. La relación entre cambios fue muy variable. Dos de las relaciones fueron claramente significativas (con 37 y 57 kg), una de ellas no presentó ninguna relación (27 kg) y otras dos fueron relaciones medias, una significativa (17 kg) y otra próxima a la significatividad (47 kg).

La transferencia producida por el entrenamiento de la sentadilla sobre el CMJ fue claramente superior en los grupos A y C respecto del B. En los saltos con cargas hubo menores diferencias. El grupo A presentó una clara tendencia a reducir su transferencia a medida que aumentaba la carga, mientras que el grupo C presentó una tendencia a aumentarla. La media de la transferencia sobre los saltos con cargas fue muy similar entre los grupos, aunque algo superior en el grupo A (1,2) que en el B (1,16) y el C (1,18). En la transferencia del entrenamiento de la sentadilla sobre otras variables en el propio ejercicio: media de las velocidades medias, media de las velocidades máximas, media de las potencias medias y media de las potencias máximas, el entrenamiento del grupo A consiguió una transferencia superior a la de los grupos B y C en todas las variables analizadas. La transferencia media del grupo A fue casi el doble que en el grupo C y más del doble que en el B.

Los grupos A y C alcanzaron como media una eficiencia muy similar en relación con las repeticiones realizadas y los porcentajes de mejora, y el grupo A fue algo más eficiente que el C con respecto a las unidades de carga y los porcentajes de mejora. El grupo B fue claramente inferior a los otros dos en este sentido, porque necesitó el doble de esfuerzo y de trabajo para conseguir el mismo rendimiento. El grupo C mostró una especial eficiencia en los tests de 1RM y de CMJ, mientras que el A la mostró en las ganancias de potencia en sentadilla. En el análisis de la eficiencia en términos absolutos se observaron diferencias significativas en la eficiencia para 1RM entre los grupos A y B en relación con las repeticiones por kilogramo mejorado (repeticiones  $\pm$  dt,  $30,5 \pm 8,5$  para A frente a  $44,7 \pm 12,5$  para B,  $p = 0,044$ ) y en relación con el índice de carga por kilogramo mejorado (índice de carga  $\pm$  dt,  $20,06 \pm 5,6$  para A frente a  $34,09 \pm 9,6$  para B,  $p = 0,005$ ). También existieron diferencias significativas entre los grupos B y C en relación con las repeticiones ( $23,5 \pm 9,6$  para C frente a  $44,7 \pm 12,5$  para B,  $p = 0,003$ ) y en relación con el índice de carga ( $17,9 \pm 7,3$  para C frente a  $34,09 \pm 9,6$  para B,  $p = 0,002$ ).

Los grupos A y C se reparten los máximos valores del tamaño del efecto. El grupo B no consigue el mayor tamaño del efecto en ninguna de las variables.

Los resultados de este estudio no permiten aceptar el concepto de que *cuanto más se entrene, mejor*, puesto que con una carga equivalente aproximadamente el 50% de la máxima carga realizable se obtuvieron los mismos resultados, y en algunos casos algo mayores, que los obtenidos con la carga máxima. En sujetos no entrenados o medianamente entrenados, el entrenamiento de la fuerza de las piernas a través de la sentadilla puede aportar una mejora en la capacidad de salto. Sin embargo, el trabajo con una carga global muy elevada puede interferir en la capacidad del sujeto para producir fuerza en la unidad de tiempo en tiempos muy breves y, por tanto, en la capacidad de generar aceleración, velocidad y potencia en esos periodos de tiempo. Los cambios en la RFD pueden estar relacionados con los cambios en la altura del salto. Ante una misma

## Encuentro sobre Alto Rendimiento Deportivo

---

intensidad media relativa, una carga global inferior a la máxima realizable tiende a favorecer la transferencia sobre el rendimiento deportivo. También parece muy probable que el efecto conseguido con una carga global alta, pero no máxima, se pueda conseguir con cargas muy inferiores. La mayor eficiencia del grupo A en las ganancias de potencia en sentadilla viene a corroborar la especificidad del entrenamiento. Por tanto, no parece razonable utilizar un entrenamiento con la máxima carga realizable para obtener el mismo o inferior resultado que con cargas inferiores de una magnitud incluso del 50% de la máxima, dado que existe un mayor riesgo de que se produzca una lesión o un sobreentrenamiento, o ambas cosas.

### **4. ¿CÓMO INFLUYEN EL NÚMERO DE REPETICIONES POR SERIE Y LA INTENSIDAD RELATIVA DE ENTRENAMIENTO EN LA CARGA DE ENTRENAMIENTO?**

La efectividad y el resultado de un entrenamiento para el desarrollo de la fuerza dependen de la aplicación de una carga adecuada, es decir, de factores como intensidad, volumen de entrenamiento (series x repeticiones), frecuencia y tipología de los ejercicios recomendados (isocinético/resistencia; variable/isotónico), periodos de recuperación entre las series y la frecuencia de entrenamiento.

Se sabe que diferentes combinaciones de las variables que componen el entrenamiento, como por ejemplo el número de repeticiones por serie, número de series y descanso entre series, originan diferentes respuestas fisiológicas. De manera general, todos los programas de entrenamiento inducen ciertas mejoras de la fuerza máxima, hipertrofia o potencia muscular. Sin embargo, determinadas combinaciones tendrán un especial énfasis de adaptación en unas o en otras manifestaciones de la fuerza. Por ejemplo, en un clásico trabajo realizado por Kraemer y colaboradores (1990), se observó que 3 series de 10 repeticiones máximas (10RM) con 1 minuto de descanso entre series aumentaba significativamente la concentración de lactato y la hormona del crecimiento en comparación con realizar 3 series a una intensidad de 5RM con 3 minutos de descanso. Por tanto, según estos estudios parece evidente que si el objetivo del entrenamiento es desarrollar la capacidad de tolerar altas concentraciones de ácido láctico y aumentar la hipertrofia muscular, este tipo de diseño de entrenamiento será el más efectivo.

La *intensidad* de un estímulo es el grado de esfuerzo que exige un ejercicio, y en el entrenamiento con cargas viene representado por el peso que se utiliza en términos absolutos o relativos, así como por el número máximo de repeticiones que se pueden realizar con un determinado peso. En función del número de repeticiones que se pueden realizar con una carga determinada hasta la fatiga se producen diferentes efectos sobre la fuerza. Clásicamente se ha comentado que el desarrollo de la fuerza máxima se consigue más eficazmente con cargas elevadas y pocas repeticiones (desde 4RM-10RM), mientras que si se reduce la resistencia y se aumenta el número de repeticiones (12RM-20RM) se favorecerá el desarrollo de la resistencia muscular. A efectos prácticos, el porcentaje de la fuerza dinámica máxima (% de 1RM) correspondiente al peso con el que se podrían efectuar un máximo de 8 a 12 repeticiones se encuentra, aproximadamente, entre el 70-80 %. La zona de 15 a 20 repeticiones corresponde a un 50-60 % de 1RM.

Anteriormente se ha comentado que, además del tanto por ciento de la repetición máxima (RM), otro de los criterios para definir con precisión la intensidad, y por tanto

## Encuentro sobre Alto Rendimiento Deportivo

---

conocer su efecto, es analizar otros factores, como por ejemplo: la relación entre las repeticiones realizadas por serie y las realizables (rep/ser), así como la velocidad y potencia de ejecución y la densidad (Gonzalez-Badillo y Gorostiaga 1995, González-Badillo y Ribas 2002).

Cuando se emplean las rep/ser como forma de expresar la intensidad, lo que se programa es la realización de un número concreto de rep/ser sin determinarse ni sujetarse a ningún porcentaje de 1RM. En este caso, para definir correctamente la intensidad, también sería importante conocer el número de repeticiones realizables, es decir, definir lo que se ha llamado *el carácter del esfuerzo* para estas rep/ser (González-Badillo y Ribas 2002). El carácter del esfuerzo vendría definido por la relación entre las repeticiones realizadas y las realizables. Por ejemplo, si dos sujetos realizan las mismas rep/ser en el ejercicio de media sentadilla, pero resulta que uno realiza 6 pudiendo hacer 6, es decir con un carácter del esfuerzo máximo, y el otro realiza 6 pudiendo realizar 10, estarían haciendo dos entrenamientos completamente diferentes. Los efectos del primero se orientarán al desarrollo de la fuerza y la hipertrofia, mientras que el segundo tendría como efecto una menor incidencia sobre la fuerza máxima, algo más sobre la potencia y bastante menos sobre la hipertrofia. Esta es una manera muy práctica de programar la intensidad de entrenamiento, que es profusamente explicada por Gonzalez-Badillo y Ribas (2002).

La velocidad de ejecución también es un elemento determinante de la intensidad debido a que tanto las exigencias neuromusculares como los efectos del entrenamiento dependen en gran medida de la propia velocidad de ejecución. Cuando entrenamos con pesos superiores al 70% de 1RM, cada repetición se realizará a una velocidad y una potencia diferentes. En algunos casos, las únicas repeticiones que sirven para cumplir el objetivo de entrenamiento son las primeras de la serie, por ejemplo cuando se quiera mejorar la velocidad o la máxima potencia, mientras que en otros casos será con las últimas repeticiones con las que se consiga el objetivo, por ejemplo si se busca la mejora de la fuerza acompañada de un aumento de la masa muscular.

La velocidad de ejecución tiene una gran influencia sobre el reclutamiento de las unidades motoras, pues incluso con cargas tan pequeñas como el 30-40% del máximo, todas las unidades motoras de un músculo se pueden reclutar si la velocidad es la máxima posible (Enoka 2002), pero con la particularidad del reclutamiento selectivo de las fibras rápidas. Cuanto mayor sea la velocidad ante una resistencia, mayor será la intensidad, y esto tiene influencia sobre el entrenamiento. Por ello, lo importante en la velocidad como factor de intensidad es que sea la máxima posible o casi la máxima posible para la resistencia que se desplaza (González-Badillo y Ribas 2002).

La velocidad también contribuye a definir un buen indicador de la intensidad como es la potencia (potencia = fuerza · velocidad). Cuanto mayor sea la velocidad de desplazamiento de una resistencia, mayor potencia se desarrollará y por tanto, la intensidad será mayor. Una característica importante de la curva fuerza-velocidad es que el área bajo la curva indica la potencia muscular. Si el entrenamiento es capaz de desviar la curva hacia la derecha, ciertamente 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 aproximado a las condiciones óptimas para obtener el máximo rendimiento deportivo.

Por tanto, la potencia se puede calcular tan sencillamente como el producto de la fuerza por la velocidad, pero en realidad, como la fuerza no es constante ni la velocidad tampoco, tendríamos que integrar ambas variables para obtener datos más fiables. Con

## Encuentro sobre Alto Rendimiento Deportivo

respecto a la potencia, hace ya algunos años se comprobó de manera experimental con fibras de zorro aisladas que el pico de máxima potencia se conseguía con el 30% de la fuerza isométrica máxima y a velocidades próximas al 30% de la máxima velocidad absoluta. Asimismo, en un estudio también clásico realizado por Kaneko y colaboradores (1983) se observó que la carga óptima para mejorar la potencia en acciones de flexión de codo se correspondía al 30% de la fuerza isométrica máxima. En la misma línea un estudio reciente pone de manifiesto que cuando se realizan acciones musculares con la extremidad superior y se analiza la curva de potencia, el pico de máxima potencia se obtiene con cargas entre el 30%-45% de 1RM y velocidades próximas al 30% de la máxima velocidad absoluta (Izquierdo y col. 2002). Sin embargo, cuando se realizan con la extremidad inferior la máxima potencia se consigue con resistencias comprendidas entre el 60% y 70% de 1 repetición máxima (Figura 1). Estos resultados sugieren la necesidad de determinar la *carga óptima*, entendida como la resistencia frente a la cual se alcanza los valores más elevados de potencia en un movimiento determinado, que generalmente implica a múltiples músculos y articulaciones. Por ello, no será apropiado asumir que en todas las acciones musculares se podrá desarrollar máxima potencia cuando el músculo se contraiga frente a una resistencia de un 30 % de la fuerza isométrica máxima. Asimismo, la *carga óptima con la que se produce la máxima potencia* debe determinarse en función del grupo muscular implicado y de la disciplina deportiva para la cual se diseñe un programa de entrenamiento (Figura 2).

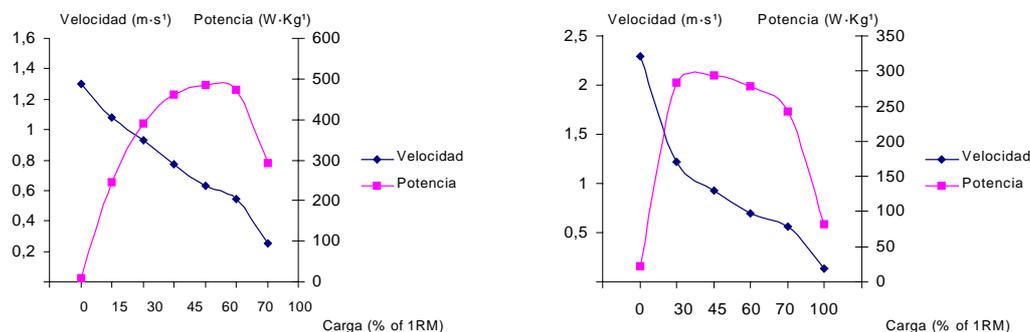


Figura 1. Curvas fuerza-velocidad y fuerza-potencia para acciones musculares concéntricas en el test de sentadilla completa (parte izquierda) y el test de press de banca (parte derecha). (A partir de Izquierdo y col. 2002).

En esta línea, también se ha observado recientemente que la carga con la que se alcanza la máxima potencia durante acciones que utilizaban la musculatura de la extremidad inferior y superior también varía en función de la disciplina deportiva que se realice. En un grupo de jugadores de balonmano (HP), corredores de medio fondo (MDR) y en un grupo control de estudiantes universitarios (C), la máxima potencia se alcanza con una carga del 60% de 1RM, mientras que en el grupo de halterófilos (WL) y ciclistas de ruta lo consigue con la carga del 45% de 1RM. Por otro lado la máxima potencia para la extremidad superior se produce con una carga del 30% para WL y HP y con una carga del 45% para RC, MDR y C. Además, la velocidad que se asocia a la máxima potencia en las extremidades inferiores fue menor ( $\approx 0.75 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) que la de la extremidad superior ( $\approx 1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) (figura 2). Desde el punto de vista práctico, estos resultados sugieren que cuando el objetivo del entrenamiento sea desarrollar la máxima

Encuentro sobre Alto Rendimiento Deportivo

potencia habrá que hacerlo a distintos porcentajes de la fuerza máxima, según los tipos de ejercicios y el tipo de deportistas involucrados (Izquierdo y col. 2002).

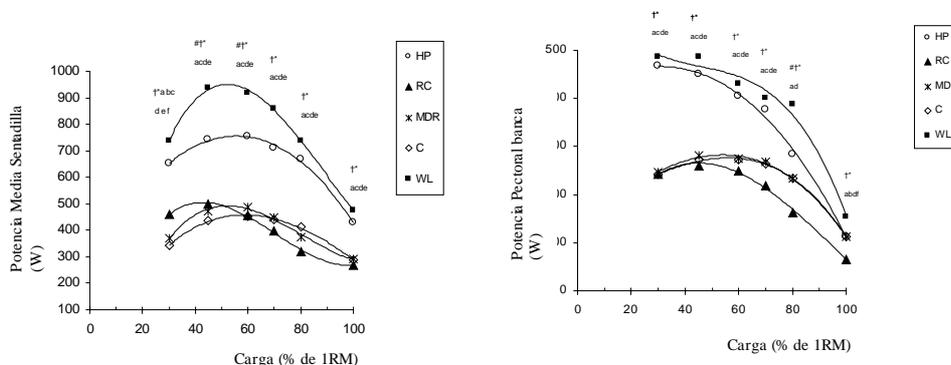


Figura 2. Curva carga-potencia en la acción de media sentadilla y pectoral en banca en halterófilos (WL), jugadores de balonmano (HP), medio fondistas (MDR), ciclistas de ruta (RC) y controles (C). † y \* denota diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) comparado con RC. <sup>a,b</sup> y <sup>c</sup> denota diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) comparado con MDR. <sup>d,e</sup> y <sup>f</sup> denota diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) comparado con C. # denota diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) comparado con HP. Valores son Media  $\pm$  SD. (A partir de Izquierdo et al. 2003).

En la medida en que se realizan repeticiones hasta el agotamiento con un determinado peso (% de 1RM), la velocidad de ejecución se reduce debido a la aparición de la fatiga. De manera general, se puede observar una reducción no intencional de la velocidad con el aumento del número de repeticiones (Figura 3A). Sin embargo, no hay muchos estudios que hayan analizado el efecto de diferentes cargas de entrenamiento y el número de repeticiones sobre la pérdida de velocidad. En un reciente estudio realizado en el Centro de Estudios, Investigación y Medicina del Deporte del Gobierno de Navarra, se ha observado que cuando se realizan repeticiones hasta el agotamiento con diferentes pesos (% de 1RM), la forma clásica de la curva de pérdida de la velocidad de ejecución (expresada como porcentaje de la alcanzada en la primera repetición) y el número de repeticiones realizadas (expresadas en porcentaje del número total de repeticiones realizadas) es similar cuando se realiza con diferentes porcentajes de una repetición máxima (60% ,65%, 70% y 75% de 1RM) (Figura 3B).

Éste es un interesante resultado, que por primera vez permite conocer que, independientemente de la intensidad que se utilice, la reducción de la velocidad comienza a ser significativa cuando se realiza el 30% del número posible de repeticiones realizables. Este umbral de velocidad corresponde aproximadamente a un 89% de la velocidad máxima de ejecución que se puede realizar en las primeras repeticiones. Esto implica que para las diferentes intensidades examinadas, y con el propósito de garantizar una elevada velocidad de ejecución del ejercicio, el número de repeticiones realizadas no deberá exceder el 30% del número posible de repeticiones realizables hasta el agotamiento con una determinada intensidad (Izquierdo y col 2005).

En resumen, la potencia máxima es el óptimo producto de la fuerza y la velocidad, es decir, la situación en la que se obtiene el máximo rendimiento muscular. 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 se incrementa la

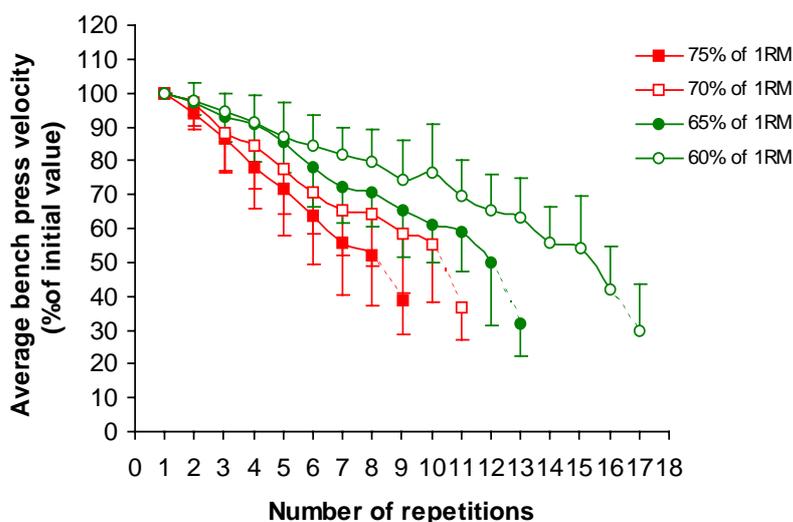
### Encuentro sobre Alto Rendimiento Deportivo

resistencia. 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.

No obstante, no en todos los ejercicios se alcanza la máxima potencia con los mismos porcentajes. Asimismo, también hay que tener en cuenta que la mejora de la potencia también tiene un componente de fuerza importante. Por esta razón, aunque diferentes estudios indican que la mejora de la potencia de un ejercicio se estimula y mejora en mayor medida cuando se entrena con la resistencia que permite alcanzar el máximo valor de potencia, la utilización exclusiva de estas resistencias probablemente no ofrecería los mejores resultados de manera permanente. Parece que, para mejorar la potencia máxima, la vía que tiene más posibilidades es la mejora de la fuerza (González-Badillo y Ribas 2002).

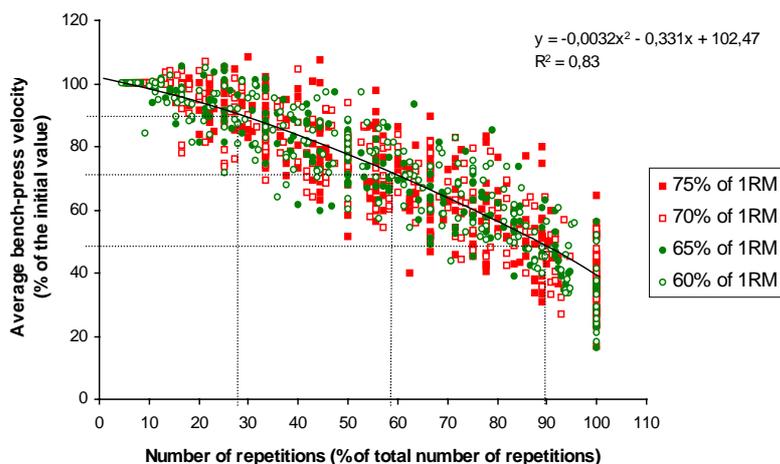
La pérdida de velocidad no sólo influye cuando se produce durante la realización de una serie, sino que también lo hace cuando se produce dentro de una misma repetición. En un estudio realizado por Newton y col (1996) se observó que cuando hacemos un ejercicio con peso (sentadilla o pectoral en banca), al final del movimiento la velocidad del movimiento tiende a cero, es decir, necesariamente se produce una fase de desaceleración, que es más pronunciada cuanto menor es el porcentaje de 1RM con el que se entrena. Entonces, parece evidente sugerir que, si se reduce esta fase de pérdida de velocidad, los efectos serán más positivos. La máxima reducción se conseguirá si el ejercicio se realiza lanzando la resistencia (normalmente, la barra) en lugar de fijarla en las manos al final del movimiento.

En la figura se puede observar cómo la diferencia entre lanzar la barra o realizar el ejercicio de manera concéntrica se traduce en un aumento de la velocidad y de la potencia. Asimismo, se observó que durante el ejercicio de lanzamiento se aumentaba la actividad electromiográfica de los músculos implicados. Por tanto, como se puede observar, la velocidad de ejecución incide en la intensidad de los ejercicios y determina la dirección de sus efectos. Por ello, González y Ribas (2002) sugieren que no sólo es necesario conocer y aplicar la intensidad (% o rep/ser), sino hay que hay que cuidar también la forma de ejecución (Figura 4).



(A)

Encuentro sobre Alto Rendimiento Deportivo



(B)

Figura 3. A) Cambios en la velocidad media de ejecución durante la realización de repeticiones hasta el agotamiento con diferentes porcentajes de 1RM (60, 65, 70 y 75%). Valores de velocidad expresados como porcentaje de la velocidad de ejecución alcanzada en la primera repetición. B) Relación entre la velocidad de ejecución alcanzada durante cada repetición (expresada en porcentaje de la alcanzada en la primera repetición) y el número de repeticiones realizadas (expresado en porcentaje del número total de repeticiones realizadas hasta el agotamiento) con diferentes porcentajes de 1RM. (A partir de Izquierdo y col. 2005).

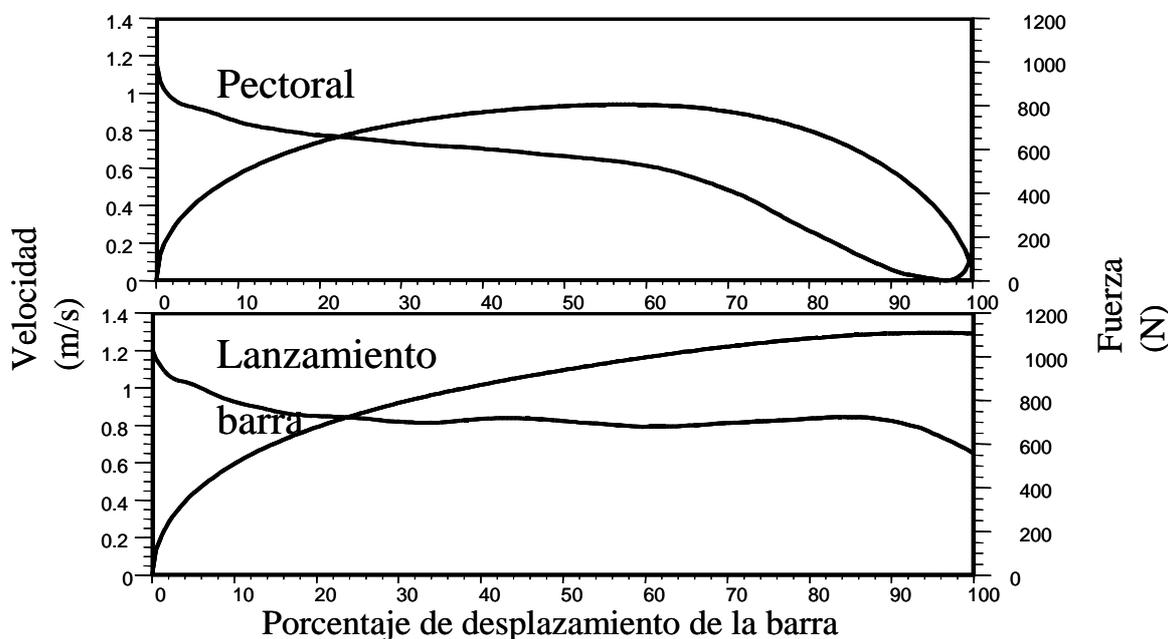


Figura 4. Velocidad y fuerza del movimiento a través de todo el recorrido de la barra según la forma de ejecución: pectoral normal en banca o barra lanzada a la máxima velocidad. (A partir de Newton y col. 1996).

### Encuentro sobre Alto Rendimiento Deportivo

Por otro lado, en un reciente estudio realizado con el objetivo de examinar durante 10 semanas los efectos de diferentes volúmenes de entrenamiento de fuerza [(volumen bajo (1923 repeticiones), volumen moderado (2481 repeticiones) y volumen alto (3030 repeticiones)] utilizando los mismo ejercicios e intensidades relativas, pero diferente número de series y repeticiones con cada intensidad relativa en los movimientos de arrancada, dos tiempos y sentadilla, se observó que un grupo de halterófilos de categoría junior optimizaba sus máximos resultados realizando un 85% del máximo volumen que podían tolerar. Estas observaciones tiene una gran importancia práctica para el diseño individual del volumen de entrenamiento y contradicen la teoría generalmente aceptada de que mayores volúmenes de entrenamiento de fuerza pueden producir superiores ganancias de fuerza que volúmenes moderados (González-Badillo y col. 2005) (Figura 5).

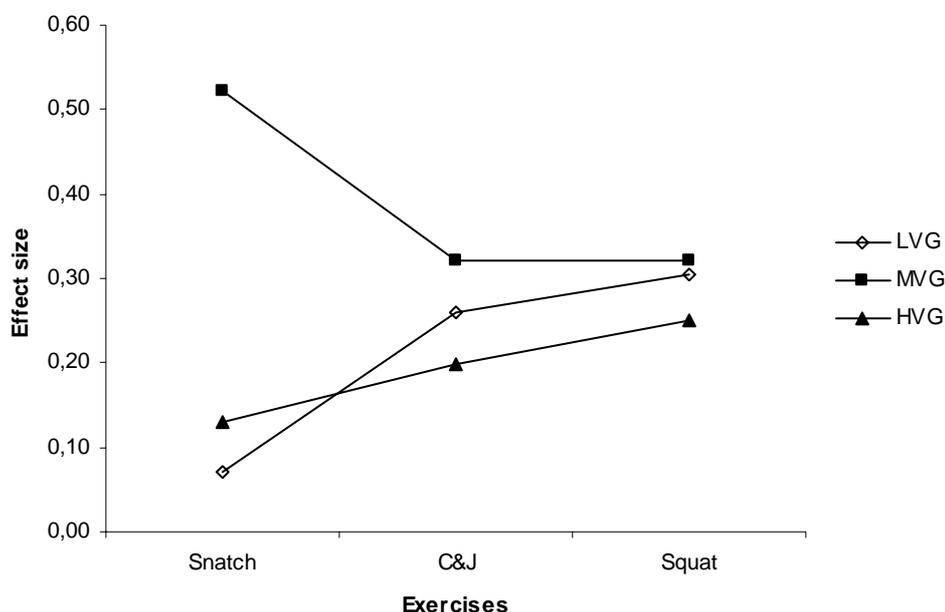


Figura 5. Tamaño del efecto para los movimientos halterófilos de arrancada, dos tiempos y sentadilla después de un programa de 10 semanas de entrenamiento de fuerza realizado con diferentes volúmenes de entrenamiento [LVG; volumen bajo (1923 repeticiones), volumen moderado; MVG (2481 repeticiones) y volumen alto; HVG (3030 repeticiones)], pero diferente número de series y repeticiones con cada intensidad relativa. (A partir de González-Badillo y col, 2005).

En esta línea, una vez identificado el volumen óptimo de entrenamiento se realizó otro estudio durante 10 semanas de entrenamiento, con el objetivo de examinar el efecto de realizar los mismos ejercicios y el mismo volumen óptimo (expresado como número total de repeticiones realizadas con una carga igual o superior al 60% de 1RM), pero en este caso realizándose con una distribución diferente de las repeticiones entre las distintas zonas de intensidad. Un grupo realizó un volumen bajo con intensidades entre el 90 y el 100 de 1RM (LVG 46 repeticiones); otro, un volumen moderado (MVG 93 repeticiones) y otro, un volumen alto (HVG 184 repeticiones). En este estudio se

## Encuentro sobre Alto Rendimiento Deportivo

---

observó que levantadores de pesas de categoría júnior pueden optimizar la ganancia de fuerza después de participar en 10 semanas de entrenamiento realizando un 50% del máximo número de repeticiones que pueden tolerar con intensidades superiores al 90% de 1RM. (González-Badillo y col.2006).

### **5. ¿NECESITAMOS HACER ENTRENAMIENTOS QUE UTILICEN LAS REPETICIONES HASTA EL AGOTAMIENTO?**

El *volumen de entrenamiento* es una medida de la cantidad total del ejercicio efectuado. Se expresa en función del número de repeticiones, kilogramos totales levantados o duración de la sesión o período de entrenamiento. Clásicamente, los programas de entrenamiento para el desarrollo de la fuerza recomiendan realizar tres series de 6-12 repeticiones, durante 3 días a la semana. Sin embargo, se desconoce cuál es el volumen óptimo de entrenamiento para personas entrenadas o sin experiencia en el entrenamiento de fuerza (aquellas con menos de 1 año de entrenamiento).

Una de las controversias en el entrenamiento de fuerza deriva del volumen de entrenamiento utilizado. Los estudios experimentales parecen indicar que no se puede aceptar que, cuanto más volumen se pueda realizar, mejor será el resultado. Esta controversia se ha centrado en el debate relacionado con que los programas que utilizan una serie por ejercicio obtienen incrementos de parecida magnitud que aquellos que utilizan múltiples series, mientras otros han mostrado que los programas que utilizan múltiples series obtienen incrementos superiores.

Estos datos sugieren que personas principiantes responden de manera favorable a una o múltiples series por ejercicio, especialmente durante las semanas iniciales de entrenamiento, mientras que las personas entrenadas con programas que utilizan múltiples series son las que consiguen mejoras superiores en el desarrollo de la fuerza.

La mayoría de los trabajos de investigación en personas que previamente no habían entrenado fuerza muestran que durante los primeros 3-4 meses de entrenamiento de fuerza los programas que utilizan una serie por ejercicio obtienen incrementos de parecida magnitud que aquellos que utilizan múltiples series. Por ello, tradicionalmente se ha recomendado utilizar una sola serie por ejercicio durante los primeros 6 meses de entrenamiento en personas mayores previamente inactivas. Este tipo de programas necesitan menos tiempo para su realización y producen beneficios similares sobre la salud y el estado de forma en personas mayores previamente inactivas.

Sin embargo, en un reciente estudio utilizando las técnicas de meta-análisis para analizar 140 trabajos de investigación se observó que tanto las personas entrenadas como las no-entrenadas conseguían los mayores aumentos (hasta el doble de los efectos de utilizar una serie) con una media de 4 series por grupo muscular (Rhea et al. 2003) (Figura 6). Esto posiblemente ponga de manifiesto el potencial de adaptación que tienen las personas principiantes en el entrenamiento de fuerza durante los primeros meses de entrenamiento. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, esto no quiere decir que, en personas principiantes durante las primeras etapas de entrenamiento, no se pudieran conseguir similares o incluso mejores efectos sobre la fuerza entrenando con menos volumen de entrenamiento.

Encuentro sobre Alto Rendimiento Deportivo

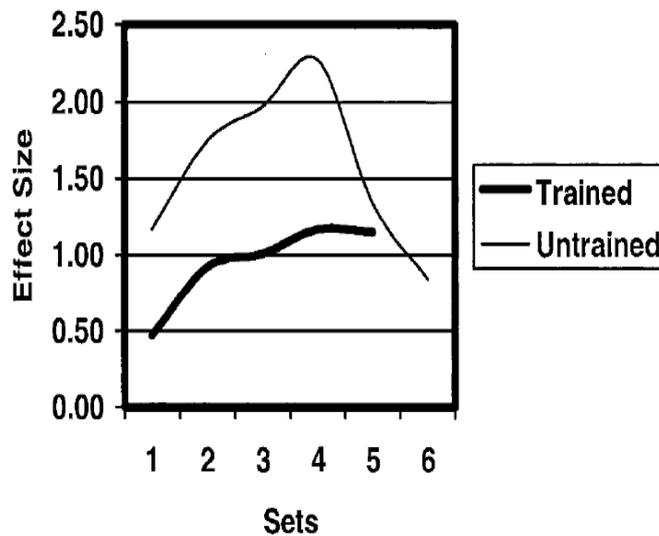


Figura 6. Curva dosis-respuesta de volumen. (A partir de Rhea et al. 2003).

La creencia más generalizada, especialmente en la literatura científica americana, es que para mejorar la fuerza máxima hay que realizar repeticiones por serie hasta el fallo. Sin embargo, diferentes estudios muestran que realizar repeticiones hasta el fallo no es necesario y puede incluso producir sobreentrenamiento y lesiones por sobrecarga. Según González-Badillo y Ribas (2002), las series con carácter del esfuerzo máximo no son necesarias en la mayoría de los deportes. Si se llegan a usar, lo cual sería útil en muy pocas especialidades, las repeticiones por serie no deberían ser más de 3, y además deberían realizarse con muy poca frecuencia. Las especialidades deportivas cuyas exigencias de fuerza no son muy elevadas no necesitan sobrepasar un carácter del esfuerzo superior a 4 rep/serie realizadas sobre 6-7 realizables.

En un reciente estudio se comparó la eficacia que tenía un programa clásico de entrenamiento para el desarrollo de la fuerza y la potencia muscular con un programa de entrenamiento de similar intensidad y volumen, pero que producía un menor grado de fatiga. Los resultados muestran que durante las 16 semanas de entrenamiento que duró este estudio los dos tipos de programas mejoraron de manera similar la fuerza máxima de los brazos (23%) y de las piernas (22%), la potencia muscular de los brazos (27%) y la resistencia muscular (66%). Sin embargo, el programa de entrenamiento que requería un menor nivel de fatiga fue superior en la mejora de potencia muscular observada en las piernas (34%), en comparación con las producidas por el programa clásico de entrenamiento (26%). Además, se observó que el programa de entrenamiento que producía un mayor nivel de fatiga estaba asociado con unas concentraciones superiores de hormonas relacionadas con el cansancio muscular. Estos resultados contrastan con la creencia más generalizada de que para mejorar la fuerza muscular es necesario realizar sesiones de entrenamiento que produzcan un gran nivel de cansancio muscular, realizando series de repeticiones hasta el agotamiento. Los resultados muestran, en un grupo de deportistas de alto nivel, los efectos positivos que tiene realizar un programa de entrenamiento que no nos lleve hasta el agotamiento muscular si nuestro objetivo es alcanzar el óptimo desarrollo de la fuerza y potencia muscular. Esta filosofía de entrenamiento permitirá conseguir superiores ganancias en cualidades como la fuerza y

Encuentro sobre Alto Rendimiento Deportivo

la potencia muscular, al tiempo que evitará un estancamiento en la mejora de estas cualidades y lesiones por sobrecarga. Aspectos de gran importancia, a tener en cuenta en el alto rendimiento deportivo.

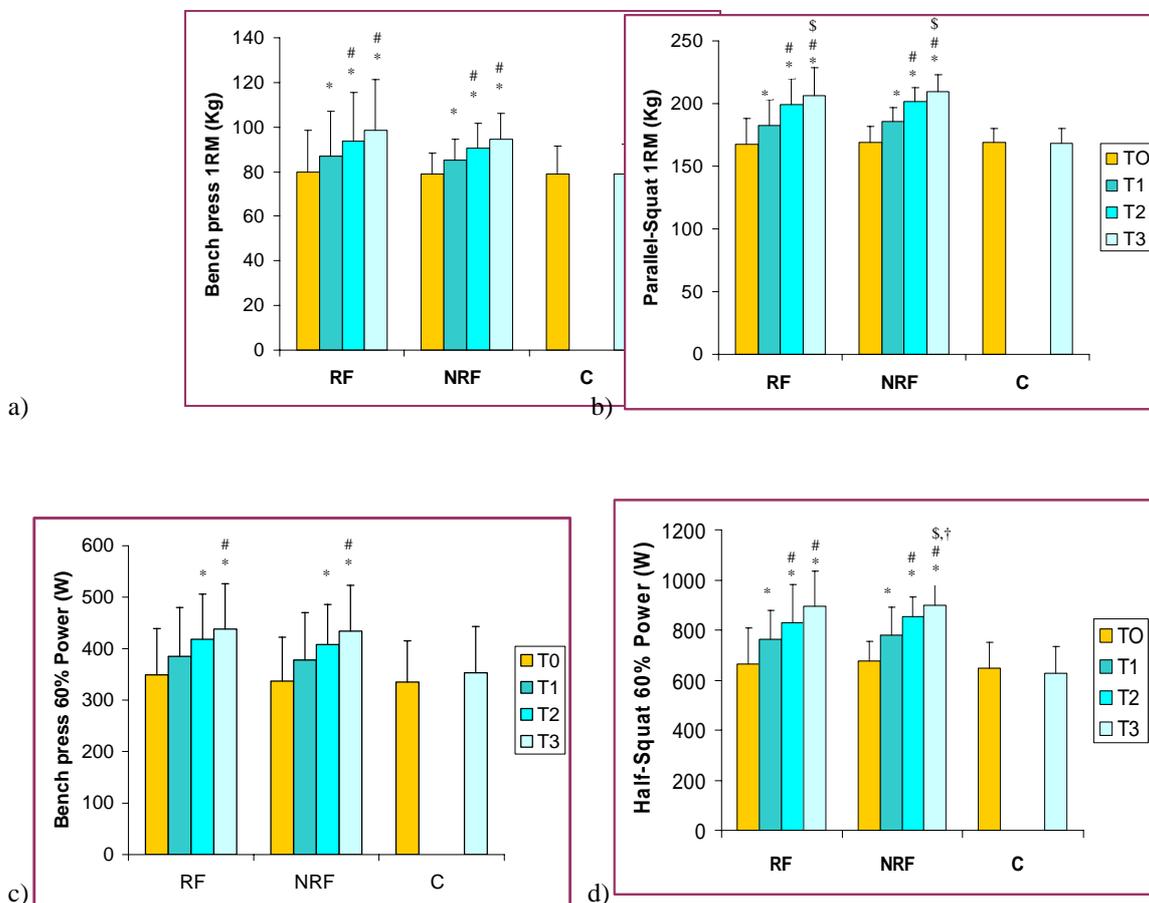


Figura 7. Fuerza máxima y potencia muscular durante los ejercicios de pectoral en banca (a y c) y media sentadilla (b y d), respectivamente, durante el periodo experimental. \*  $p < 0.05$  Con respecto a T0. #  $p < 0.05$  con respecto a T1. \$  $p < 0.05$  con respecto a T2. NRF – grupo de no repeticiones hasta el fallo, RF - grupo de repeticiones hasta el fallo, C – grupo control. (Modificado de Izquierdo M, Ibañez J, González-Badillo JJ, Häkkinen K, Ratamess NA, Kraemer WJ, French DN, Eslava J, Altadill A, Asiain X, Gorostiaga EM. (2006). Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength and muscle power gains. *Journal of Applied Physiology*. May;100(5):1647-56.)

## REFERENCIAS

- 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
- Carpinelli, R.N., and R.M. Otto (1988). Strength training: Single versus multiple sets. *Sports Med.* 26:73–84.
- Costill, D. L; Thomas, R; Robergs, R. A; Pascoe, D; Lambert, C; Barr, S; Fink, W. J (1991) Adaptations to swimming training: influence of training volume. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23(3): 371-377

---

Encuentro sobre Alto Rendimiento Deportivo

---

- Enoka RM (2002). *Neuromechanics of human movement*, 3ª edición. Ed. Human Kinetics. USA
- González Badillo, Juan José y Juan Ribas Serna (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. Barcelona: INDE
- González-Badillo JJ Ribas J. (2002) Programación del entrenamiento de fuerza. Ed Inde Publicaciones. Barcelona
- González-Badillo JJ, Gorostiaga E (1995) Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo. INDE. Barcelona.
- 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
- Hakkinen, K. Neuromuscular and hormonal adaptations during strength and power training (1989). *J. Sports Med. Phys. Fitness* 29:9-26
- 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
- Izquierdo M, González-Badillo JJ, Häkkinen K, Ibañez J, Kraemer WJ, Altadill A, Eslava J, Gorostiaga EM. (2005). Effect of loading on unintentional lifting velocity declines during single sets of repetitions to failure during upper and lower extremity muscle actions. *International Journal of Sports Medicine*. DOI 10.1055/s-2005-872825.
- Izquierdo M, Häkkinen K, González-Badillo JJ, Ibañez J, Gorostiaga E (2002) *Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremity muscles in athletes from different sports events*. *Eur J Appl Physiol* 87:264-271
- Izquierdo M, Ibañez J Häkkinen K, Kraemer WJ, Ruesta M, Gorostiaga E. (2003) *Maximal strength and power, muscle mass, endurance and serum hormones in weightlifters and road-cyclists*. *J Sport Sci*. 22:465-478, 2004
- Izquierdo M, Ibañez J, González-Badillo JJ, Häkkinen K, Ratamess NA, Kraemer WJ, French DN, Eslava J, Altadill A, Asiain X, Gorostiaga EM. (2006). Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength and muscle power gains. *Journal of Applied Physiology*. May;100(5):1647-56.
- Kaneko M, Fuchimoto T, Toji H, Sueti K (1983) Training effect of different loads on the force-velocity relationship and mechanical power output in human muscle. *Scand J Sports Sci* 5: 50-55.
- Kraemer WJ, Marchitelli L, Gordon SE, Harman E, Dziados JE, Mello R, Frykman P, Mccurry D y Fleck S. (1990) Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. *J App. Physiol* 69 (4): 1442-1450.
- Kraemer WJ, Ratamess NA (2004) Fundamentals of resistance training: Progression and exercise prescription *Med Sci Sports Exerc* 4:674-688.
- Kuipers, H. (1996) How much is too much. Performance aspects of overtraining. *Research Quarterly Exercise and Sport*. 67(supplement 3): S65-S69
- Kuipers, H. (1998) Training and overtraining: an introduction. *Med. Sci. Sports Exerc*. 30 (7): 1137-1139

---

**Encuentro sobre Alto Rendimiento Deportivo**

---

Newton RU, Kraemer WJ, Häkkinen K, Humphries BJ, Murphy AJ (1996) Kinematics, kinetics and muscle activation during explosive upper body movements. *J Appl Biomech* 12:31-43.

Ostrowski, K.-J; Wilson, G.-J; Weatherby, R; Murphy, P.-W; Lyttle, A.-D (1997) The effect of weight training volume on hormonal output and muscular size and function *J. Strength Condit. Res.* 11(3):148-154

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

Rhea, M.R., B.A. Alvar, L.N. Burkett and S.D. Ball. A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Med. Sci. Sport Exerc.* 35: 456-464. 2003

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. About training loads. *Modern athlete and coach.* 31 (4): 32-36. 1993

Zatsiorsky, V.M (1995) Science and practice of strength training. Champaign, Illinois. Human Kinetics.