

## Determinación y control de la intensidad y volumen del entrenamiento de la fuerza en la investigación en ciencias del ejercicio y su aplicación

### Determination and control of resistance training intensity and volume in exercise science research and its application

Juan Ramón Heredia-Elvar<sup>1,2</sup> , Guillermo Peña García-Orea<sup>2</sup> , José Luis Mate Muñoz<sup>1</sup> , Juan Hernández Lougedo<sup>1</sup> , Levy Anthony de-Oliveira<sup>3</sup> , Marzo Edir Da Silva-Grigoletto<sup>3</sup> 

1. Universidad Alfonso X el Sabio, Madrid, España

2. Instituto Internacional Ciencias Ejercicio Físico y Salud, Alicante, España

3. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Brasil

#### RESUMEN

En los estudios iniciales, donde se documentaban los efectos positivos del entrenamiento con cargas y la ejecución de esfuerzos musculares repetidos, el propósito de la ciencia por conocer la mejor forma de definir, controlar y dosificar el entrenamiento de la fuerza ha constituido una de las cuestiones que mayor interés y esfuerzo han concentrado. Esto es una cuestión sumamente importante, ya que los resultados que se originan de los trabajos científicos de mayor calidad deberían posibilitar el seguir generando el cuerpo de conocimiento que ayude a mejorar la metodología del entrenamiento y, por tanto, las participaciones en la práctica de los profesionales. Para que esto se cumpla, los estudios científicos deben gozar, entre otros atributos, de un método preciso de determinación y control de las variables que definen el estímulo de entrenamiento propuesto, para poder comprobar la relación entre éste y los efectos producidos. Sin embargo, si esto no ocurre, los propios investigadores y profesionales del entrenamiento corren el riesgo de tomar decisiones sobre la configuración de los estímulos (manipulando las variables de la carga) basadas en conclusiones científicas “falsas”, o en el mejor de los casos, inciertas.

**Palabras-clave:** variables; dosificación; cuantificación; carga; intensidad; volumen.

#### ABSTRACT

In early studies, where the positive effects of resistance training and repeated muscular efforts were documented, the purpose of science to know the best way to define, control, and dose strength training has been one of the issues that have concentrated the greatest interest and effort. This issue is extremely important since the results that originate from the highest quality scientific works should make it possible to continue generating the body of knowledge that helps to improve the training methodology and, therefore, the participation in the practice of the professionals. For this to be accomplished, scientific studies must have, among other attributes, a precise method for determining and controlling the variables that define the proposed training stimulus to verify the relationship between it and the effects produced. However, if this does not happen, the researchers and training professionals themselves run the risk of making decisions about the configuration of the stimuli (manipulating the variables of the load) based on “false” scientific conclusions, or in the best of cases, uncertain.

**Keywords:** variables; dosage; quantification; load; intensity; volume.

## Introducción

El entrenamiento de fuerza se ha utilizado durante décadas para mejorar el rendimiento deportivo, la salud y la calidad de vida de sus practicantes. Aunque, diseñar un programa de entrenamiento de fuerza no es una tarea sencilla. Muchos factores interfieren en el estímulo de entrenamiento y es necesario conocer los principios del entrenamiento, como los principios de adaptación, sobrecarga progresiva e individualidad biológica, por ejemplo, pues ellos gobiernan la seguridad y efectividad del entrenamiento [1,2].

La configuración del estímulo de entrenamiento de la fuerza depende de la manipulación de un conjunto de variables que interactúan entre sí, como son el tipo y orden de los ejercicios, la magnitud de la carga, el número de repeticiones y series, la duración de los descansos entre repeticiones, las series y ejercicios [1-4]. La manipulación de cualquiera de estas variables o indicadores tendrá diferentes repercusiones sobre el tipo y magnitud de la respuesta fisiológica y, por consiguiente, sobre la respuesta adaptativa provocada por el entrenamiento de la fuerza [1,2].

En el presente artículo plantearemos una revisión crítica respecto a la forma en que la investigación científica y la práctica deportiva han determinado, controlado y programado tradicionalmente el volumen y la intensidad, dos variables de intervención (o variables independientes) fundamentales y constituyentes de la “carga de entrenamiento”. También presentaremos otras alternativas que, a la luz de nuevas evidencias, parecen disfrutar de mayor grado de precisión y validez para este objetivo.

## La definición, control y determinación de la intensidad en el entrenamiento de la fuerza

La literatura científica identifica la intensidad de entrenamiento de la fuerza con relación a determinados indicadores, veamos a continuación aquellos que son considerados como “gold standars”, analizando su validez, utilidad y aplicabilidad.

### *Intensidad de entrenamiento como porcentaje de la repetición máxima (%1RM)*

Tradicionalmente el valor de la repetición máxima (1RM), valorada individualmente de forma directa o estimada indirectamente, suele ser expresada en kilogramos (kg), y la definición de la intensidad, tomando como referencia la RM, es llevada a cabo en base a los porcentajes de dicha RM obtenida previamente [1,4].

En este sentido, esta forma de determinar y dosificar la intensidad relativa, presenta determinadas desventajas que limitan su aplicabilidad a la práctica diaria del entrenamiento como, por ejemplo [5,6]: 1) la evaluación directa de la 1RM exige mucho tiempo y puede estar asociada con lesiones cuando se realiza incorrectamente o por sujetos novatos, además de ser poco práctico para grupos numerosos de deportistas; 2) el valor de la 1RM es complejo de medir, y habitualmente el valor obtenido es impreciso, es decir, no es real. Esta situación implica que cada carga absoluta que

se utilice tomando como referencia una RM considerada como no real, siempre representará un porcentaje distinto del programado. Solamente si se mide la velocidad de la 1RM se podría tener la certeza de que el valor obtenido podría ser más preciso [7]; 3) la alta variabilidad u oscilación del valor actual de la RM en el tiempo, lo que implicaría la necesidad de realizar constantemente evaluaciones, en cada uno de los ejercicios, para reajustar el cálculo de la carga absoluta correspondiente a la carga relativa programada según la capacidad de rendimiento actual del sujeto.

### *Intensidad de entrenamiento como número máximo de repeticiones posibles (N°RM o XRM)*

El número máximo de repeticiones posibles de realizar en una serie con una carga absoluta submáxima (por ejemplo, 6RM, 10RM) se ha sugerido como un procedimiento para definir, programar y dosificar la intensidad e, incluso, estimar el valor de la 1RM a través de ecuaciones de regresión validadas para ejercicios concretos [8-11]. Estos procedimientos se plantean asumiendo la existencia un número medio aproximado de repeticiones máximas por serie que se puede realizar con cada porcentaje de la 1RM según el tipo de ejercicio y el nivel de entrenamiento del sujeto [9,10,12], y, por tanto, se considera que un determinado número de repeticiones máximas es representativo de una intensidad relativa concreta (%1RM). Si bien este planteamiento elimina la necesidad de tener que realizar un test directo de la 1RM, tampoco está exento de inconvenientes:

1. El realizar repeticiones al fallo muscular (XRM) es una práctica innecesaria para el entrenamiento, que incluso podría ser contraproducente para la mejora del rendimiento en acciones realizadas a alta velocidad [13-17].
2. La realización del mismo número de repeticiones máximas con una determinada carga absoluta no representa, en todos los casos, la misma intensidad relativa entre distintos sujetos, ya que no todos pueden realizar el mismo XRM ante una misma intensidad relativa [18]. Por ello, si se programa el mismo XRM para un grupo de sujetos, muchos de ellos podrían estar entrenando con una intensidad relativa diferente, dada la alta variabilidad interindividual que parece existir en el número máximo de repeticiones que se pueden hacer ante un mismo %1RM [19]. Así, varios estudios han informado de coeficientes de variación desde el ~20 al ~50% para el número máximo de repeticiones posibles de realizar ante diferentes cargas relativas (50-90% 1RM) [9,10,18,20-22].
3. Además de lo anterior, tras realizar la primera serie hasta el fallo muscular con una determinada carga absoluta, el número de repeticiones en las siguientes series ineludiblemente se verá reducido independientemente del tiempo de recuperación [23]. Sin embargo, en numerosos estudios y documentos científicos [1,4,24] se ha descrito y propuesto la posibilidad real de realizar varias series consecutivas con unas intensidades relativas, una misma carga absoluta, un número de repeticiones por serie y unos tiempos de recuperación entre series prácticamente imposibles de cumplir en la práctica, por ejemplo, 3x 8-12 (70-85% 1RM)/1-2 min.

### *Intensidad de entrenamiento como velocidad de ejecución en la acción concéntrica (VMP de la 1ª repetición)*

Actualmente, como consecuencia de los avances en la tecnología que permiten la medición de la velocidad de ejecución en ejercicios con pesos libres, existe la posibilidad de determinar/estimar, con un alto grado de precisión, la intensidad relativa (%1RM) que representa la carga absoluta con la que se entrena a partir de la primera (o más rápida) repetición de la serie, siempre ejecutada a la máxima velocidad posible [5,25-28], todo ello a través de ecuaciones de regresión específicas para cada ejercicio. Esto es así porque la velocidad media propulsiva de la repetición más rápida de la serie está intrínsecamente asociada a la magnitud relativa de la carga (%1RM), y por tanto cada %1RM tiene su propia velocidad [5]. Además, la velocidad de ejecución asociada a cada porcentaje de la RM es diferente y específica de cada ejercicio, debido a que la velocidad con la que se alcanza la RM es distinta para cada ejercicio [5,7]. Estos hallazgos son muy relevantes para los profesionales del ejercicio, no solo por solucionar los problemas existentes para controlar y dosificar la intensidad de entrenamiento en tiempo real y con alta precisión, sino por permitir estudiar y conocer por primera vez la verdadera relación dosis-respuesta del entrenamiento realizado.

Por lo tanto, la velocidad en la acción concéntrica es un indicador objetivo y muy fiable de la intensidad del entrenamiento de la fuerza y, siempre que fuese posible, debería ser adecuadamente controlada en cualquier entrenamiento de la fuerza (en lugar de utilizar %1RM o un XRM) [5,6]. Para que esto se cumpla, la única condición es que la carga se desplace siempre a la máxima velocidad posible en la fase concéntrica [5].

Llegado este punto, es necesario, no solo haber analizado la forma en que la intensidad debe controlarse, programarse y determinarse, sino también proponer una definición inequívoca de la misma para el entrenamiento de la fuerza. A este respecto, diríamos que la intensidad vendrá representada por el “grado de esfuerzo que implique la realización de la primera repetición de la serie realizada a la máxima velocidad posible” [5,6]. A partir de esta definición de intensidad aplicada al entrenamiento de la fuerza, resulta fundamental dejar constancia de la necesidad de no confundir la “intensidad” con el grado de esfuerzo o fatiga que supone realizar todas las repeticiones programadas para la serie. Por ejemplo, es indudable que realizar 3x10 (70% 1RM) representa un grado de esfuerzo mayor que 3 x 5 (70% 1RM), sin embargo, la intensidad utilizada sería la misma en ambos casos (el 70%).

### *¿Intensidad de entrenamiento como repeticiones en reserva (RIR)?*

Algunas publicaciones han sugerido utilizar el valor de las “repeticiones en reserva” (RIR), entendido como el número de repeticiones que quedan sin realizar en una serie hasta el fallo [29,30], como un indicador de la intensidad del entrenamiento de la fuerza. Si bien este valor es de interés en el ámbito de la investigación y de utilidad para ajustar la carga, no es menos cierto que esto ha sido malinterpretado a la hora de la aplicación por los profesionales, dado que se ha planteado como una alternativa para la definición de la carga, y en concreto de la intensidad.

Esto no sería posible, fundamentalmente debido a que definir un estímulo por las repeticiones en reserva (RIR) a realizar, no permitiría tener la información sobre las características de los estímulos a aplicar. Por ejemplo, podríamos programar un RIR de (-2) para un determinado ejercicio en cada serie. Sin embargo, este valor numérico no permite conocer el estímulo aplicado, al menos que se complemente con el número de repeticiones que son posibles realizar con dicha carga absoluta. Es decir, el RIR es el resultado de la diferencia entre las repeticiones ejecutadas y las máximas realizables en la serie (definido posteriormente como “carácter de esfuerzo”), pero no puede usarse o aplicarse, por sí mismo, para determinar el estímulo de entrenamiento.

## **La cuantificación, control y dosificación del volumen en el entrenamiento de la fuerza**

La literatura científica identifica el volumen de entrenamiento de la fuerza con relación a determinados indicadores, veamos a continuación los indicadores considerados como “gold standars”, siendo necesario analizar su validez, utilidad y aplicabilidad.

### *El volumen de entrenamiento como número total de repeticiones realizadas*

En la mayor parte de la literatura sobre entrenamiento de la fuerza, la forma tradicional y básica para cuantificar y expresar el volumen es a través del número total de repeticiones realizadas en un ejercicio determinado, una sesión de entrenamiento o cualquier estructura temporal de la programación (semana, mes, ciclo, etc.), y el sumatorio total de repeticiones de una sesión de entrenamiento es dependiente del número de ejercicios y series y de las repeticiones por serie [1,4,31]. De este modo, lo habitual en los estudios científicos (y programas de entrenamiento) es prescribir el volumen de cada serie a través de un número preestablecido de repeticiones para todos los sujetos de un grupo que entrenan con una intensidad relativa determinada.

Así mismo, a partir de este simple procedimiento de cuantificación del volumen, numerosos estudios han propuesto multiplicar el número total de repeticiones (series x repeticiones) por la carga absoluta (kg) utilizada en cada ejercicio [32-34], obteniéndose un valor absoluto de kilogramos o tonelaje (por ejemplo, 3 x 10 x 50 kg = 1500 kg). No obstante, no tiene sentido comparar medidas de carga volumétrica absoluta (kg, tonelaje) entre individuos y/o ejercicios distintos, dado que esta medida tampoco refleja el grado de esfuerzo que representa dicho volumen. Frente a este tipo de limitaciones, otros autores han propuesto considerar la cantidad total de repeticiones realizadas con respecto a la intensidad relativa individual (%1RM) para obtener un parámetro más individualizado del esfuerzo que representa el volumen realizado (volumen relativo = series x repeticiones x %1RM) [33]. Al vincular el volumen (series x repeticiones) con el porcentaje de la 1RM, se obtiene un valor en unidades arbitrarias que expresa con mayor precisión el impacto del entrenamiento,

y permite realizar comparaciones entre diferentes individuos [4]. No obstante, este procedimiento podría también ofrecer resultados de volúmenes idénticos, pero que representasen estímulos totalmente distintos (por ejemplo,  $3 \times 10 \times 70\%$  sería el mismo valor de volumen relativo que  $10 \times 3 \times 70\%$ ).

Lo cierto es que todos estos planteamientos tradicionales para la expresión y cuantificación del volumen asumen que cuando un grupo de sujetos realiza el mismo número de repeticiones por serie de un ejercicio y con una misma intensidad relativa, el grado de esfuerzo programado y el esfuerzo real asociado al mismo es equivalente entre ellos. Sin embargo, esto podría no ser así, ya que si durante una sesión todos los sujetos realizaran el mismo número de repeticiones por serie ante una misma carga relativa determinada ( $\%1RM$ ), es muy probable que muchos de ellos estuviesen alcanzando un grado de esfuerzo o fatiga diferente, tal como ha sido comentado. Si asumimos esta situación, en todos aquellos estudios donde el volumen haya sido controlado y dosificado por un número predeterminado de repeticiones por serie igual para todos los sujetos, el grado de fatiga generado o el grado de esfuerzo realizado podría haber sido diferente para gran parte de ellos. La pregunta que queda entonces en el aire es: ¿Cómo puede haber influido esta problemática en los resultados de los estudios y las conclusiones derivadas de los mismos?

En cualquiera de los casos, el volumen de entrenamiento tendrá siempre escaso o ningún valor si no viene acompañado de la variable intensidad, correctamente determinada y controlada [6]. Es decir, el volumen de entrenamiento no puede ser un componente de la carga que por sí solo caracterice o defina de forma precisa el tipo de estímulo utilizado.

#### *La pérdida de velocidad en la serie (%PV) como procedimiento de control y dosificación del volumen de entrenamiento*

El volumen del entrenamiento debería venir definido, controlado y dosificado de forma más concreta y objetiva por la pérdida relativa de velocidad alcanzada en la serie (expresada como la diferencia porcentual entre la velocidad de la repetición más rápida -la primera- y la más lenta -la última- de la serie) [19], y solamente en su defecto por el número total de repeticiones realizadas (asumiendo los inconvenientes o limitaciones previamente comentados). Para una misma pérdida de velocidad en la serie, este procedimiento permite que se alcance un grado de esfuerzo o fatiga semejante entre sujetos que realizan un protocolo de entrenamiento con una misma intensidad relativa, aunque realicen distinto número de repeticiones [19], es decir, lo que iguala el esfuerzo a lo largo de una serie es la pérdida relativa de velocidad, y no el número de repeticiones realizado con la misma carga relativa [19]. Esto es así porque el declive de la velocidad de ejecución durante un conjunto de repeticiones, si el esfuerzo es máximo en su acción concéntrica, es directamente proporcional al incremento de la fatiga neuromuscular [6,35].

Por tanto, en lugar de programar y realizar un número fijo o predeterminado de repeticiones, la alternativa más adecuada para configurar el volumen de entre-

namiento debería ser detener o terminar cada serie tan pronto como se alcance una determinada magnitud o porcentaje de pérdida de velocidad en la serie, en función del objetivo [12,16,19,36].

#### *¿El volumen de entrenamiento como tiempo bajo tensión (TUT)?*

El volumen de entrenamiento tiene relación directa con la duración o tiempo de la magnitud del estímulo. Es por esta razón, que en algunos estudios el volumen haya sido asociado con el tiempo que se está “bajo tensión” al realizar un ejercicio [37]. Sin embargo, el tiempo requerido para completar una serie depende de diferentes factores, como, por ejemplo, el número de repeticiones, la velocidad de ejecución por cada repetición en la fase concéntrica, la velocidad de ejecución por cada repetición en la fase excéntrica, el tiempo de transición entre la fase concéntrica y excéntrica, el intervalo de tiempo entre repeticiones, la carga relativa, etc. Todos estos factores determinantes del tiempo bajo tensión son difícilmente controlables, interactuando entre sí, y no pueden por tanto expresar un valor que represente objetivamente el volumen del entrenamiento de la fuerza.

De igual forma, no es posible plantear un tiempo de ejecución establecido por repetición (por ejemplo 2:0:2) y que ello se mantenga a lo largo de un número máximo de repeticiones máximas cuando se plantean volúmenes que se acercan al fallo muscular.

### **Definición y control de la magnitud del estímulo o carga del entrenamiento de la fuerza**

En los apartados anteriores hemos profundizado en la necesidad de revisar y actualizar la forma en que se definen y controlan individualmente las variables de intensidad y volumen en el entrenamiento de la fuerza. No obstante, para un mismo ejercicio, la magnitud de la carga de entrenamiento vendría determinada por interacción de ambas variables (volumen e intensidad), y a través de la misma se puede definir y valorar de manera precisa el grado de esfuerzo “global” que representa el estímulo de entrenamiento [6].

#### *La carga de entrenamiento como carácter del esfuerzo (CE)*

En el entrenamiento de la fuerza el “carácter del esfuerzo” (CE) es el factor que expresa la relación entre el esfuerzo realizado y el realizable o posible que puede manifestar el sujeto en cada momento [37] y, por tanto, vendrá determinado por la relación entre el número de repeticiones realizadas por serie con respecto a las máximas posibles de realizar en ese mismo ejercicio, con el mismo peso y en ese mismo momento [12,38]. La carga de entrenamiento a través de este factor se expresa y programa indicando el número de repeticiones por serie a realizar (que representa el volumen) y, entre paréntesis, el número de repeticiones que el sujeto podría realizar como máximo con el peso indicado (que representa la intensidad relativa).

El CE, por tanto, se relaciona y define la magnitud del estímulo o carga del entrenamiento, pero no debería confundirse con la propia intensidad del entrenamiento. El CE puede ser un procedimiento que resulte muy práctico, al alcance de todos los profesionales y aplicable a la mayoría de los ejercicios. Su principal ventaja, a parte de la inmediatez de su programación sin necesidad de realizar ningún tipo de test, es que el esfuerzo realizado se ajustará de manera más precisa al esfuerzo programado, y por tanto podrá expresar el grado de esfuerzo que realiza el sujeto en cada uno de los ejercicios. Sería necesario destacar que la aplicación de esta metodología exige un cuidado proceso educativo y de implicación por parte del entrenador y deportista [37].

*El índice de esfuerzo (IE) como valor de la magnitud de la carga de entrenamiento de cada ejercicio*

De todo lo anterior se deduce que la definición y cuantificación del grado de esfuerzo realizado durante el entrenamiento de fuerza se expresa y determina a través de la relación entre la propia intensidad y volumen. Mediante el control de la velocidad de ejecución podemos valorar de manera muy precisa el grado de esfuerzo o grado de fatiga que ha experimentado un sujeto durante el entrenamiento a través de la velocidad de la primera repetición (que podrá utilizarse para determinar la intensidad relativa) y el porcentaje de pérdida de velocidad en la serie (que podrá servir para determinar el volumen), dado que ambas variables influyen de manera notable en el grado de estrés inducido por el entrenamiento de fuerza [6,12,16]. Estos mismos avances han permitido que surja un indicador numérico de alta validez, que representa, predice y cuantifica el grado de esfuerzo o fatiga que ha significado una serie o conjunto de series, llamado “índice de esfuerzo” (IE), y el cual es específico para cada ejercicio [39]. Este índice viene definido por el producto del valor de la velocidad de la primera (más rápida) repetición por el valor de la pérdida relativa de velocidad en la serie, y ha mostrado estar estrechamente relacionado con indicadores de estrés metabólico ( $r = 0,95$  y  $0,90$  para press de banca y sentadilla, respectivamente) y variables mecánicas de fatiga, como la pérdida relativa de velocidad pre-post esfuerzo con la carga que se puede desplazar a  $1 \text{ m/s}$  ( $r = 0,98$  y  $0,91$  para press de banca y sentadilla, respectivamente) y la pérdida de altura en CMJ ( $r = 0,93$ ) [39]. De esta forma, una misma magnitud de carga (índice o grado de esfuerzo) puede obtenerse mediante la combinación de distintos valores de intensidad (velocidad de la primera repetición) y volumen (%pérdida de velocidad intra-serie).

Con este novedoso indicador numérico, también se ha averiguado que un mismo valor o resultado induce y representa un grado de fatiga equivalente, independientemente de la velocidad de la primera repetición y de la pérdida de velocidad intra-serie, al menos para intensidades relativas desde el 50 al 80% 1RM [39].

$$IE = VMP\ 1^{a}\ rep. \times \% PV$$

VMP: velocidad media propulsiva de la 1ª repetición de la serie  
 %PV: porcentaje de pérdida de velocidad en la serie

Considerando esta información, resulta fácil comprender que una intensidad baja o moderada (45-70% 1RM, es decir, velocidades medias o altas), en combinación con un elevado número de repeticiones por serie (12 a 15 o más, es decir, una pérdida de velocidad alta), pueda suponer un “índice de esfuerzo” (grado de fatiga) elevado (Tabla I). ¿Qué necesidad habría entonces en recomendar o prescribir cargas del tipo 3 x 12-15RM en programas dirigidos a personas sedentarias, desentrenadas o con determinadas patologías?

**Tabla I** - Índice de esfuerzo de intensidades entre el 40 y el 95% con distintas pérdidas de velocidad (10 al 55%) en el ejercicio de sentadilla completa

Intensidad relativa	Pérdida de velocidad media propulsiva en la serie (%)									
%1RM (VMP m/s)	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%
40% (~1.28 m/s)	12,8	19,2	25,5	31,8	38,1	44,5	50,8	57,1	63,5	69,8
45% (~1.20 m/s)	12,1	18,1	24,1	30,0	36,0	42,0	47,9	53,9	59,9	65,9
50% (~1.13 m/s)	11,4	17,0	22,6	28,3	33,9	39,5	45,1	50,7	56,3	61,9
55% (~1.06 m/s)	10,7	15,9	21,1	26,5	31,7	37,0	42,2	47,5	52,8	58,0
60% (~0.98 m/s)	10,0	14,9	19,8	24,7	29,6	34,5	39,4	44,3	49,2	54,1
65% (~0.90 m/s)	9,3	13,8	18,4	22,9	27,4	32,0	36,5	41,1	45,6	50,2
70% (~0.83 m/s)	8,5	12,7	16,9	21,1	25,3	29,5	33,7	37,9	42,1	46,3
75% (~0.75 m/s)	7,8	11,7	15,5	19,3	23,2	27,0	30,8	34,7	38,5	42,4
80% (~0.68 m/s)	7,1	10,6	14,1	17,5	21,0	24,5	28,0	31,5	35,0	38,4
85% (~0.60 m/s)	6,4	9,5	12,6	15,8	18,9	22,0	25,1	28,3	31,4	34,5
90% (~0.52 m/s)	5,7	8,4	11,2	14,0	16,7	19,5	22,3	25,1	27,8	30,6
95% (~0.44 m/s)	4,9	7,4	9,8	12,2	14,6	17,0	19,4	21,9	24,3	26,7

Puede observarse cómo una intensidad de entrenamiento baja (por ejemplo, el 45%) supone siempre un índice de esfuerzo mayor que una intensidad moderada (por ejemplo, el 70%) para misma pérdida de velocidad [39].

## Conclusiones para la práctica e investigación en ciencias del ejercicio

Para un mismo ejercicio, la intensidad y el volumen son las variables más determinantes del efecto del entrenamiento de la fuerza [1,40], por ello, su determinación y control debe realizarse mediante una metodología certera y validada. Sin embargo, la determinación y dosificación tradicional de la intensidad mediante los porcentajes de la RM presenta impedimentos que limitan su aplicabilidad a la práctica diaria, como, por ejemplo, la alta variabilidad del valor de la RM en el día a día. A su vez, cualquier estudio o protocolo de entrenamiento que establezca la determinación de la intensidad mediante un número máximo de repeticiones estará incurriendo con alta probabilidad en proporcionar una intensidad relativa diferente para cada sujeto, además de generar un grado de fatiga seguramente innecesario y contraproducente. Por otro lado, el control y dosificación del volumen de entrenamiento mediante un mismo número de repeticiones por serie ante una determinada intensidad es un procedimiento donde el grado de esfuerzo o fatiga resultante (pérdida de velocidad en la serie) será desigual para cada uno de los sujetos entrenados. Por tanto, estos procedimientos tradicionales para controlar ambas variables no son los más adecuados o racionales, ni para la investigación científica ni para la práctica deportiva. No obstante, cuando no se disponen de recursos o del tiempo requerido para controlar y ajustar la carga de entrenamiento objetivamente, el uso del “carácter del esfuerzo” en función del número de repeticiones será una práctica alternativa suficientemente precisa y adecuada.

Este panorama debe hacernos reflexionar si el conocimiento adquirido sobre el entrenamiento de la fuerza procedente de los estudios científicos donde no se haya controlado apropiadamente el volumen e intensidad puede ser suficientemente válido y aplicable. En nuestra opinión, quizás debamos “rehacer” parte del camino recorrido en este campo, para avanzar firmemente en la investigación y la metodología del entrenamiento en el futuro. Es por ello, que la investigación en ciencias del ejercicio debería considerar utilizar la velocidad de ejecución como referencia para la dosificación y control de la carga de entrenamiento y el efecto que produce, lo que además permitiría comparar el entrenamiento programado o previsto con aquel realmente realizado en los estudios.

### **Posible conflicto de intereses**

No se han informado posibles conflictos de intereses relevantes para este artículo.

### **Fuente de financiamiento**

No hubo fuentes de financiamiento externas para este estudio.

### **Contribuciones de autor**

**Concepción y diseño de la investigación:** Heredia-Elvar JR, García-Orea GP. **Adquisición de datos:** No se aplica. **Análisis e interpretación de datos:** No se aplica. **Análisis estadístico:** No se aplica. **Obtención de financiamiento:** N / A. **Redacción del manuscrito:** Heredia-Elvar JR, García-Orea GP, Mate-Muñoz JL, Lougedo JH, de-Oliveira LA. **Revisión crítica del manuscrito de contenido intelectual importante:** Da Silva-Grigoletto ME.

## Referencias

1. De Lorme TL. Restoration of muscle power by heavy resistance exercises. *J Bone Joint Surg* [Internet]. 1945 [cited 2021 Sep 14];27(4):645-67. Available from: [https://journals.lww.com/jbjsjournal/abstract/1945/27040/restoration\\_of\\_muscle\\_power\\_by\\_heavy\\_resistance.14.aspx](https://journals.lww.com/jbjsjournal/abstract/1945/27040/restoration_of_muscle_power_by_heavy_resistance.14.aspx)
2. Houtz SJ, Parrish AM, Hellebrandt FA. The influence of heavy resistance exercise on strength. *Phys Ther* 1946;26(6):299-304. doi: 10.1093/ptj/26.6.299
3. Bird SP, Tarpenning KM, Marino FE. Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. *Sports Med* 2005;35(10):841-51. doi: 10.2165/00007256-200535100-00002
4. Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(4):674-88. doi: 10.1249/01.mss.0000121945.36635.61
5. González-Badillo JJ, Sánchez-Medina L. Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *Int J Sports Med* 2010;31(05):347-52. doi: 10.1055/s-0030-1248333.
6. González Badillo JJ, Sánchez-Medina L, Pareja-Blanco F, Rodríguez-Rosell D. La velocidad de ejecución como referencia para la programación, control y evaluación del entrenamiento de fuerza. Murcia: Ergotech Consulting; 2017.
7. González-Badillo JJ. Bases teóricas y experimentales para la aplicación del entrenamiento de fuerza al entrenamiento deportivo. *Infocoos* 2000;5(2):3-14.
8. Brzycki M. Strength testing-predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance* 1993;64(1):88-90. doi: 10.1080/07303084.1993.10606684
9. Hoeger WWK, Hopkins DR, Barette SL, Hale DF. Relationship between Repetitions and selected percentages of one repetition maximum: a comparison between untrained and trained males and females. *J Strength Cond Res* [Internet]. 1990 [cited 2021 Sep 14];4(2). Available from: [https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/1990/05000/Relationship\\_between\\_Repetitions\\_and\\_Selected.4.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/1990/05000/Relationship_between_Repetitions_and_Selected.4.aspx)
10. Sakamoto A, Sinclair PJ. Effect of movement velocity on the relationship between training load and the number of repetitions of bench press. *J Strength Cond Res* 2006;20(3):523. doi: 10.1519/16794.1
11. Kraemer WJ, Deschenes MR, Fleck SJ. Physiological adaptations to resistance exercise: implications for athletic conditioning. *Sports Med* 1988;6(4):246-56. doi: 10.2165/00007256-198806040-00006
12. Sánchez-Medina L, González-Badillo JJ. Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Med Sci Sports Exerc* 2011;43(9):1725-34. doi: 10.1249/MSS.0b013e318213f880
13. Izquierdo-Gabarren M, González TER, García-Pallarés J, Sánchez-Medina L, Villarreal ESS, Izquierdo M. Concurrent endurance and strength training not to failure optimizes performance gains. *Med Sci Sports Exerc* 2010;42(6):1191-9. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181c67eec
14. Izquierdo M, Ibañez J, González-Badillo JJ, Häkkinen K, Ratamess NA, Kraemer WJ, et al. Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. *J Applied Physiol* 2006;100(5):1647-56. doi: 10.1152/jappphysiol.01400.2005
15. Davies T, Orr R, Halaki M, Hackett D. Effect of training leading to repetition failure on muscular strength: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 2016;46(4):487-502. doi: 10.1007/s40279-015-0451-3
16. Pareja-Blanco F, Rodríguez-Rosell D, Sánchez-Medina L, Sanchis-Moysi J, Dorado C, Mora-Custodio R, et al. Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scand J Med Sci Sports* 2017;27(7):724-35. doi: 10.1111/sms.12678
17. Grgic J, Schoenfeld BJ, Orazem J, Sabol F. Effects of resistance training performed to repetition failure or non-failure on muscular strength and hypertrophy: A systematic review and meta-analysis. *J Sport Health Sci* 2021. doi: 10.1016/j.jshs.2021.01.007
18. Rodríguez-Rosell D, Yáñez-García JM, Sánchez-Medina L, Mora-Custodio R, González-Badillo JJ. Relationship between velocity loss and repetitions in reserve in the bench press and back squat exercises. *J Strength Cond Res* 2020;34(9):2537-47. doi: 10.1519/JSC.0000000000002881
19. González-Badillo JJ, Yáñez-García JM, Mora-Custodio R, Rodríguez-Rosell D. Velocity loss as a variable for monitoring resistance exercise. *Int J Sports Med* 2017;38(03):217-25. doi: 10.1055/s-0042-120324
20. Richens B, Cleather DJ. The relationship between the number of repetitions performed at given intensities is different in endurance and strength trained athletes. *Biol Sport* 2014;31(2):157-61. doi: 10.5604/20831862.1099047

21. Shimano T, Kraemer WJ, Spiering BA, Volek JS, Hatfield DL, Silvestre R, et al. Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition maximum in free weight exercises in trained and untrained men. *J Strength Cond Res* 2006;20(4):819. doi: 10.1519/R-18195.1
22. Terzis G, Spengos K, Manta P, Sarris N, Georgiadis G. Fiber type composition and capillary density in relation to submaximal number of repetitions in resistance exercise. *J Strength Cond Res* 2008;22(3):845-50. doi: 10.1519/JSC.0b013e31816a5ee4
23. Richmond SR, Godard MP. The effects of varied rest periods between sets to failure using the bench press in recreationally trained men. *J Strength Cond Res* 2004;18(4):846. doi: 10.1519/14833.1.
24. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2009;41(3):687-708. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181915670.
25. González-Badillo J, Marques M, Sánchez-Medina L. The importance of movement velocity as a measure to control resistance training intensity. *J Human Kinet* 2011;29A(Special-Issue):15-9. <https://doi.org/10.2478/v10078-011-0053-6>
26. Sánchez-Medina L, González-Badillo J, Pérez C, Pallarés J. Velocity- and power-load relationships of the bench pull vs. bench press exercises. *Int J Sports Med* 2013;35(03):209-16. doi: 10.1055/s-0033-1351252
27. Pallarés JG, Sánchez-Medina L, Pérez CE, Cruz-Sánchez E, Mora-Rodríguez R. Imposing a pause between the eccentric and concentric phases increases the reliability of isoinertial strength assessments. *J Sports Sci* 2014;32(12):1165-75. doi: 10.1080/02640414.2014.889844
28. Sánchez-Medina L, Pallarés J, Pérez C, Morán-Navarro R, González-Badillo J. Estimation of relative load from bar velocity in the full back squat exercise. *Sports Med Int Open* 2017;2:E80-8. doi: 10.1055/s-0043-102933
29. Helms ER, Cronin J, Storey A, Zourdos MC. Application of the repetitions in reserve-based rating of perceived exertion scale for resistance training. *Strength Cond J* 2016;38(4):42-9. doi: 10.1519/SSC.0000000000000218
30. Zourdos MC, Klemp A, Dolan C, Quiles JM, Schau KA, Jo E, et al. Novel resistance training-specific rating of perceived exertion scale measuring repetitions in reserve. *J Strength Cond Res* 2016;30(1):267-75. doi: 10.1519/JSC.0000000000001049
31. Haff G. Quantifying workloads in resistance training: a brief review. *Prof Strength and Cond [Internet]*. 2010 [cited 2021 Sep 14];10:31-40. Available from [https://www.researchgate.net/publication/239731099\\_Quantifying\\_Workloads\\_in\\_Resistance\\_Training\\_A\\_Brief\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/239731099_Quantifying_Workloads_in_Resistance_Training_A_Brief_Review)
32. Robbins DW, Young WB, Behm DG, Payne WR. Agonist-antagonist paired set resistance training: a brief review. *J Strength Cond Res* 2010;24(10):2873-82. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181f00bfc
33. Scott BR, Duthie GM, Thornton HR, Dascombe BJ. Training monitoring for resistance exercise: theory and applications. *Sports Med* 2016;46(5):687-98. doi: 10.1007/s40279-015-0454-0
34. Wallace W, Ugrinowitsch C, Stefan M, Rauch J, Barakat C, Shields K, et al. Repeated bouts of advanced strength training techniques: effects on volume load, metabolic responses, and muscle activation in trained individuals. *Sports* 2019;7(1):14. doi: 10.3390/sports7010014
35. Wolfe BL, LeMura LM, Cole PJ. Quantitative analysis of single- vs. multiple-set programs in resistance training. *J Strength Cond Res* 2004;18(1):35-47. doi: 10.1519/1533-4287(2004)018<0035:qaos-vm>2.0.co;2
36. Morán-Navarro R, Martínez-Cava A, Sánchez-Medina L, Mora-Rodríguez R, González-Badillo JJ, Pallarés JG. Movement velocity as a measure of level of effort during resistance exercise. *J Strength Cond Res* 2019;33(6):1496-504. doi: 10.1519/JSC.0000000000002017
37. Tran QT, Docherty D. Dynamic training volume: a construct of both time under tension and volume load. *J Sports Sci Med [Internet]*. 2006 [cited 2021 Sep 14];5(4):707-13. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24357968/>
38. González Badillo JJ, Ribas Serna J. Bases de la programación del entrenamiento de fuerza. Barcelona: INDE; 2002.
39. González Badillo JJ, Gorostiaga Ayestarán E. Fundamentos del entrenamiento de la fuerza: aplicación al alto rendimiento deportivo. Barcelona: INDE; 2002.
40. Rodríguez-Rosell D, Yáñez-García JM, Torres-Torrelo J, Mora-Custodio R, Marques MC, González-Badillo JJ. Effort index as a novel variable for monitoring the level of effort during resistance exercises. *J Strength Cond Res* 2018;32(8):2139-53. doi: 10.1519/JSC.0000000000002629

