



Revista Ciencias de la Actividad Física

ISSN: 0717-408X

ISSN: 0719-4013

rvargas@ucm.cl

Universidad Católica del Maule

Chile

Benavides-Villanueva, Julio; Ramírez-Campillo, Rodrigo

Entrenamiento con sobrecarga, duración de la repetición e hipertrofia: una revisión de la literatura

Revista Ciencias de la Actividad Física, vol. 23, núm. 1, 2022, Enero-Junio, pp. 1-12

Universidad Católica del Maule

Talca, Chile

DOI: <https://doi.org/10.29035/rcaf.23.1.12>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=525670163012>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Entrenamiento con sobrecarga, duración de la repetición e hipertrofia: una revisión de la literatura

Resistance training, repetition duration and hypertrophy: a literature review

¹ Julio Benavides-Villanueva & ² Rodrigo Ramirez-Campillo

Benavides-Villanueva, J., & Ramirez-Campillo, R. (2022). Entrenamiento con sobrecarga, duración de la repetición e hipertrofia: una revisión de la literatura. *Revista Ciencias de la Actividad Física UCM*, 23(1), enero-junio, 1-12. <https://doi.org/10.29035/rcaf.23.1.12>

RESUMEN

En el contexto del entrenamiento con sobrecargas, la duración de la repetición (tempo) hace referencia al tiempo total que dura una sola repetición dentro de una serie de un ejercicio, siendo el resultado de la suma entre la fase concéntrica, isométrica y excéntrica del levantamiento (o viceversa, dependiendo del ejercicio). Ha existido controversia los últimos años respecto a la duración de la repetición (y sus fases) y su impacto en la hipertrofia. El objetivo de esta revisión fue analizar los efectos de programas de entrenamiento donde se hayan comparado distintos tempos de levantamiento y su impacto en la hipertrofia. Se realizó una búsqueda de literatura en la base de datos electrónica Pubmed, con los siguientes criterios de inclusión: i) programas de entrenamiento que induzcan fallo volitivo, ii) que los estudios se hayan realizado bajo acciones dinámicas y con ≥ 4 semanas de intervención y iii) que los sujetos de estudio sean mayores de 18 años hasta mediana edad. De un total de 473 estudios, cuatro fueron incluidos, donde participaron 113 sujetos (79 hombres y 34 mujeres) y los tempos utilizados variaron entre 1.5 y 90 segundos, con menores tempos asociados a mayor efecto hipertrofico. Un tiempo entre 2 y 6 segundos sería efectivo para inducir adaptaciones hipertroficas.

Palabras clave: entrenamiento contra resistencia, hipertrofia, perímetro muscular, tempo, duración de la repetición, área de sección transversal.

ABSTRACT

In overload training the duration of the repetition (tempo) refers to the total time that a single repetition lasts within a set, the result being the sum between the concentric, isometric and eccentric phases of the lift (or vice versa depending on the exercise). There has been controversy in recent years regarding the duration of the repetition (and its phases) and its impact on muscle hypertrophy. The objective of this review was to analyze the effects of training programs and compare the different lifting tempos and their impact on hypertrophy. A literature search was carried out in the Pubmed electronic database, with the following inclusion criteria: i) training programs that induce volitional failure, ii) studies had been carried out under dynamic actions and with ≥ 4 weeks of intervention, and iii) study subjects are older than 18 years old to middle age. Of a total of 473 studies, four were included, where, 113 subjects (79 men and 34 women) participated and the tempos varied between 1.5 and 90 seconds, with lower tempos associated with a greater hypertrophic effect. A tempo between 2 and 6 seconds would be effective in inducing hypertrophic adaptations.

Key words: human physical conditioning, resistance training, hypertrophy, skeletal muscle enlargement, muscle development, physical education and training, cross-sectional anatomy.

¹ Profesor de Educación Física (Ciencias de la Actividad Física). Universidad de Los Lagos, Río Bueno, Chile. <https://orcid.org/0000-0003-1939-1315> | j.benavides.jb48@gmail.com

² Doctorado (Ciencias de la Salud). Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile. <https://orcid.org/0000-0003-2035-3279> | rodrigo.ramirez@unab.cl

INTRODUCCIÓN

El entrenamiento con sobrecarga puede mejorar la fuerza, la salud y la esperanza de vida en diferentes poblaciones (Schoenfeld & Grgic, 2018; Folland & Williams, 2007; Suchomel et al., 2016; Mesquita et al., 2020; Ibañez et al., 2005; Srikanthan et al., 2016; Grgic et al., 2020). Particularmente, el entrenamiento con sobrecarga orientado hacia la hipertrofia (entrenamiento hipertrófico) puede ayudar en población con sarcopenia, dinapenia, osteopenia, pacientes con alteraciones cardiometabólicas, así como a deportistas (American College of Sports Medicine [ACSM], 2009). Schoenfeld (2010, 2018) define la hipertrofia como la expansión de los elementos contráctiles y la matriz extracelular, lo que se traduce en el incremento del volumen del tejido muscular.

Para conseguir adaptaciones estructurales y maximizar la hipertrofia, las variables del entrenamiento deben ser controladas, como por ejemplo el volumen, frecuencia, intensidad, densidad, selección y orden de los ejercicios, rango de movimiento, así como la duración de la repetición (tempo) (Schoenfeld et al., 2017a; Schoenfeld & Grgic, 2018; Schoenfeld et al., 2017b; Schoenfeld, 2018, 2020; Baz-Valle et al., 2018).

El tempo hace referencia al total de tiempo que dura una sola repetición, resultante de la suma entre la fase concéntrica, isométrica y excéntrica del levantamiento (Ogborn & Schoenfeld, 2014). Por ejemplo, si las fases excéntrica, isométrica y concéntrica de una repetición duran 3, 1 y 3 segundos, respectivamente, el tempo total será de 7 segundos para dicha repetición. El tempo puede verse afectado por varios factores, como la carga utilizada (a mayor carga, mayor tempo concéntrico) y la fatiga (a mayor fatiga periférica y central, mayor tempo) (González-Badillo et al.,

2017; Sánchez-Medina & González-Badillo, 2011; Mookerjee & Ratamess, 1999).

Un mayor tempo implicaría más tiempo bajo tensión (TUT), un factor asociado a la hipertrofia (ACSM, 2009). Además, un mayor tempo induciría mayor estrés metabólico y acumulación de metabolitos (lactato, fosfato inorgánico, adenosín difosfato e hidrogeniones). Por ejemplo, un tempo concéntrico de 2 segundos generó mayor estrés metabólico versus un tempo explosivo (en el menor tiempo posible), igualados en cuanto a volumen total de entrenamiento y tempo excéntrico, (Mazzetti et al., 2007). Sin embargo, en el estudio de Keogh et al. (1999) observaron que un tempo de 10 segundos (5 segundos en fase excéntrica y 5 segundos en fase concéntrica) produce menos hipertrofia y menor actividad electromiográfica en el pectoral frente a un tempo explosivo en el ejercicio de press de banca. También, un tempo elevado podría implicar el uso de cargas bajas, sub-estimulando las unidades motoras (UM's) de alto umbral de activación (Schuenke et al., 2012). Por otro lado, un menor tempo (repeticiones explosivas) podría limitar ganancias de hipertrofia al reducir el TUT (aunque no necesariamente la tensión mecánica y el estrés metabólico). En tal sentido, la tensión mecánica podría ser el pilar fundamental para inducir adaptaciones estructurales (Wackerhage et al., 2019). Dicho esto, Cháves y colaboradores (2020) no observaron diferencias en el aumento del área de sección transversal fisiológica y de la fuerza con tempo de 4 (2 segundos de fase excéntrica y 2 segundos de fase concéntrica) y 1,5 segundos. Además, Nóbrega et al. (2018) observaron que los sujetos que auto controlaban la duración de cada repetición (~1.5 segundos de tempo) conseguían una mayor activación electromiográfica versus tempos de 4 segundos (2 segundos concéntrica y 2 excéntrica). Más aún, un metaanálisis sugiere que tempos >8 segundos

serían contraproducentes para producir hipertrofia (Schoenfeld et al., 2015).

Con respecto al tempo isométrico, Tanimoto & Ishii (2006) observaron que un tempo de 1 segundo en la fase isométrica versus un tempo de menor duración en dicha fase, inducen similar hipertrofia, aunque las fases concéntrica y excéntrica no se igualaron. Respecto al tempo excéntrico, un menor tempo incrementaría la señalización anabólica de la fibra muscular, induciendo un mayor aumento en el grosor muscular (Farthing & Chilibeck, 2003). Además, se observó un mayor aumento del área de sección transversal fisiológica después de un entrenamiento con tempo excéntrico corto versus largo (Shepstone et al., 2005). Sin embargo, Roschel et al. (2011) no encontraron diferencias en la activación de Akt, mTOR y p70S6K tras comparar un tempo excéntrico corto versus largo. Por otro lado, Stasinaki et al. (2019) observaron un mayor incremento del grosor muscular con una fase excéntrica lenta (4 segundos) versus rápida (menos de 1 segundo), aunque este último tuvo ciertas limitaciones como por ejemplo no llegar al fallo muscular y ser un entrenamiento únicamente excéntrico, por lo que es difícil sacar conclusiones al respecto. Más aún, un mayor tempo excéntrico podría dificultar completar un mayor volumen de entrenamiento y carga, aumentando también la fatiga acumulada y el daño muscular (Headley et al., 2011).

Debido a los divergentes resultados de los estudios reportados, el objetivo de esta revisión fue analizar los efectos de programas de entrenamiento donde se hayan comparado distintos tempos de levantamiento y su impacto en la hipertrofia, examinando la literatura de los últimos cinco años a partir de previas revisiones (Schoenfeld, et al., 2015).

MÉTODOS

Procedimiento experimental

Se realizó una revisión electrónica en PUBMED (Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos) sobre los efectos del entrenamiento con sobrecarga y del tempo en la hipertrofia muscular, la búsqueda se limitó al año 2015 hasta septiembre de 2020, incluyendo estudios en inglés.

La revisión fue llevada a cabo entre los meses de julio y septiembre del año 2020.

Búsqueda de literatura

Se realizó la búsqueda de artículos donde se revisó su título y su resumen. Para la búsqueda, se realizaron conjugaciones con las siguientes palabras: "hypertrophy", "duration of repetition", "muscle", "cross sectional area", "muscle thickness", "muscle growth", "velocity" y "resistance training". Para conjugar los conceptos mencionados, se utilizaron los operadores booleanos "AND" y "OR". Se utilizaron los siguientes filtros de búsqueda: estudios en humanos, rango de publicación de 5 años, que sean de libre acceso y que sean ensayos controlados aleatorios y ensayos clínicos.

Criterios de inclusión

Los criterios de inclusión fueron los siguientes: i) los participantes deben realizar series dinámicas de entrenamiento hasta la fatiga (*fallo* muscular), ii) programas de entrenamiento de ≥ 4 semanas, iii) participantes mayores de 18 años de edad hasta edad media (adultos mayores excluidos).

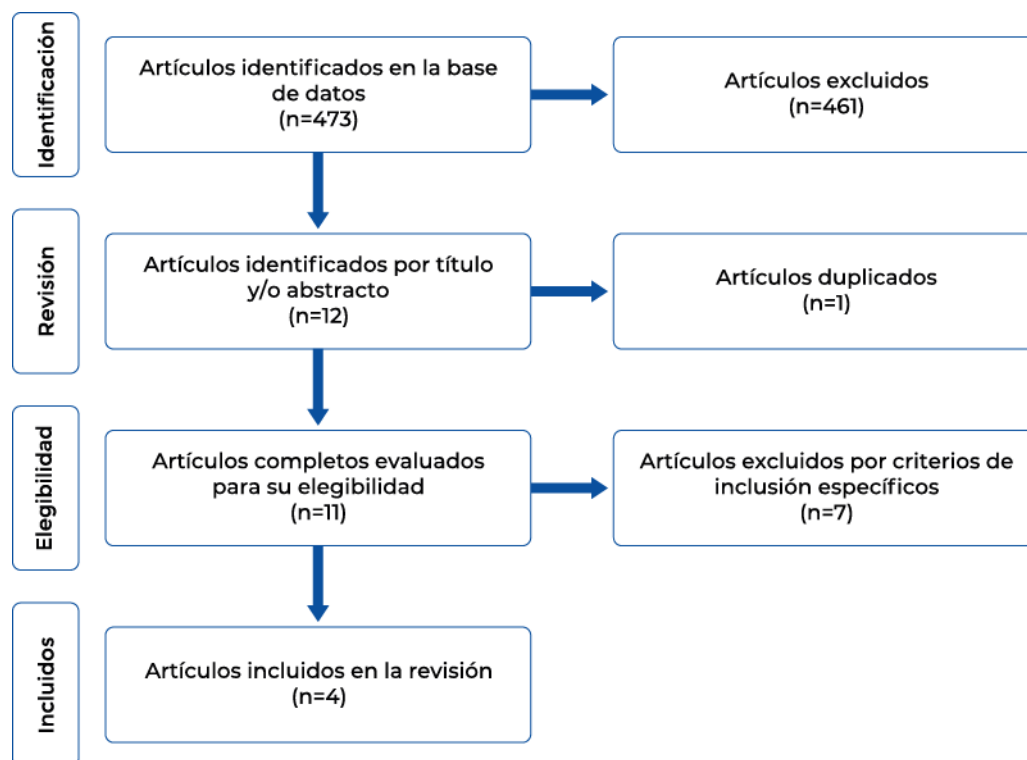
RESULTADOS

Al momento de realizar la búsqueda, se aplicó de inmediato los filtros de búsqueda. Se obtuvieron 473 estudios, de los cuales 461 fueron excluidos tras leer sus títulos y/o abstractos y determinar que no tenían relación con el tema de

investigación. De los 12 restantes, 1 era duplicado y 4 cumplieron con los criterios de inclusión específicos (Figura 1). Los principales resultados de los 4 estudios incluidos se indican en la Tabla 1.

Figura 1

Flujograma de las diferentes fases de estrategia de búsqueda y estudios seleccionados.



Los tiempos utilizados variaron entre 1.5 y 90 segundos, con menores tiempos asociados a mayor efecto hipertrófico. Tiempos mayores a 6 segundos no mostraron beneficio extra comparado a menores tiempos.

Tabla 1

Detalles experimentales de los estudios incluidos en la revisión.

Autores	Revista	Sujetos	Media de Edad	Tipo de Estudio	Duración	Metodología	Tiempo	Mediciones de hipertrofia	Resultados
Carlson et al. (2018).	<i>Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism</i> , 44(2), 200-207.	25 hombres y 34 mujeres entrenadas	40	Experimental	10 semanas	Asignación aleatoria a un protocolo de entrenamiento de cuerpo completo al 10RM con diferentes cadencias (moderada, lenta y muy lenta) y con frecuencia 2 por grupo muscular.	6 segundos (n=18; 7 hombres y 11 mujeres) vs 20 segundos (n=20; 10 hombres y 10 mujeres) vs 90 segundos (n=21; 8 hombres y 13 mujeres).	BodPod	No hubo diferencias significativas en la masa magra entre grupos (p= 0.184).
Chaves et al. (2020).	<i>PeerJ</i> , 8, e8697.	20 hombres desentrenados	24.7	Experimental	8 semanas	Asignación aleatoria a un protocolo de entrenamiento de diseño cruzado de leg extensión unilateral al 70% del 1RM igualando y no el volumen de entrenamiento, y con frecuencia 2.	4 segundos (n=10) vs duración auto controlada (n=10)	Ultrasonido Modo B	Diferencias significativas en el aumento de CSA del músculo cuádriceps (vasto lateral) en los 3 grupos. El grupo de duración auto controlada igualando el volumen de entrenamiento tuvo un ES levemente superior (ES=0.53) a los grupos de 4 segundos (ES=0.29) y duración auto controlada sin igualar el volumen de entrenamiento (ES=0.32).
Shibata et al. (2018).	<i>Journal of Strength and Conditioning Research</i> , 35(3), 668-674.	22 futbolistas varones	19.9	Experimental	6 semanas	Asignación aleatoria a un protocolo de entrenamiento de media sentadilla barra trasera al 75% del 1RM y con frecuencia 2.	6 (n=11) vs 4 segundos (n=11)	Resonancia magnética	Diferencias significativas en todas las regiones del músculo cuádriceps (distal, proximal y media) con ambos protocolos de entrenamiento. La región distal mostró un aumento superior que la región proximal (p<0.01) y media (p<0.05). No hubo diferencias significativas entre grupos.
Pereira et al. (2016).	<i>International Journal of Applied Exercise Physiology</i> , 5(2), 37-43.	12 hombres entrenados	29.3	Experimental	12 semanas	Asignación aleatoria a un protocolo de entrenamiento de Curl de bíceps en banco Scott al 8RM, 2 veces por semana.	2 (n=6) vs 5 segundos (n=6)	Ultrasonido	No hubo diferencias significativas entre grupos. Sin embargo, el grupo de cadencia más lenta tuvo un aumento relativo superior (p=0.019) y con diferencias significativas del pre al post (ES= -1.3).

ES = tamaño del efecto.

DISCUSIÓN

El objetivo de esta revisión fue analizar diferentes programas de entrenamiento donde se hayan comparado distintos tempos de levantamiento y su impacto en la hipertrofia. Luego de hacer un análisis de los estudios seleccionados para su revisión, cabe destacar de ciertas limitaciones de los mismos. En el caso del estudio de Chaves et al. (2020) se observaron diferencias significativas tanto para el grupo que realizaba las repeticiones a 4 segundos como para los grupos que auto controlaban la misma. Esto principalmente se da debido a que los sujetos eran desentrenados, facilitando adaptaciones frente a diferentes estímulos de entrenamiento (Schoenfeld, 2018; 2020), por lo que era de esperar que todos los sujetos mejoraran significativamente.

Dicho esto, realizar intervenciones de este tipo en sujetos desentrenados generalmente será una limitación importante independiente del diseño del estudio y su metodología. En el caso de los 3 estudios restantes, sí que eran todos los sujetos entrenados, y todos tuvieron una mejora similar y sin diferencias significativas entre diferentes tempos. Sin embargo, en el caso de los sujetos que realizaban las repeticiones muy lento (20 y 90 segundos) (Carlson et al., 2018), puede que se hayan dado estos resultados debido a que los sujetos nunca habían realizado las repeticiones a esa velocidad, y el cuerpo recibió un estímulo completamente novedoso, por lo que respondió y se adaptó positivamente, incluso el grupo de 6 segundos, que mejoró significativamente al igual que los dos grupos anteriores pero mejoró más en términos relativos, probablemente los sujetos nunca habían entrenado bajo ese tempo.

Al analizar de manera general los estudios, se observa que el tempo óptimo para las ganancias de masa muscular iría en torno a 2-6 segundos. Añadir más tempo no sería muy apropiado ya

que, como observa Schuenke et al., 2012 entrenar tan lento no activaría las UM's de alto umbral, claves a la hora de buscar ganancias de hipertrofia. Si bien cuando existe un esfuerzo muy elevado (cerca o llegando al fallo muscular concéntrico, y considerando la carga absoluta) y aumenta el grado de esfuerzo se van reclutando las UM's de alto umbral (Dankel et al., 2017), buscar mantener un tempo constante más extenso de lo normal impediría que esto suceda debido a que el músculo no se ve en la obligación de producir más fuerza ante la misma carga, y se evita que el SNC aumente su potencial de acción. Aún más, si el tempo es auto controlado a una velocidad "normal" de 1-3 segundos, a medida que avanza la serie y la velocidad de ejecución disminuye (Sánchez-Medina & González-Badillo, 2011), el tempo aumentará de por sí, y con ello la fatiga periférica, lo que también repercute en la fatiga a nivel central y por lo tanto el SNC deberá enviar el doble de señales que al principio de la serie para poder reclutar las UM's de alto umbral y no fallar el levantamiento, lo que probablemente no ocurriría con un tempo tan lento. Y aunque sí que es cierto que las vías neuronales aferentes 3 y 4 (encargadas de responder a la tensión mecánica y acumulación de metabolitos (Adreani et al., 1997), al daño muscular, y controlar la actividad simpática del sistema respiratorio) envían la información del músculo al SNC para que este disminuya la fatiga periférica local para evitar fallar, al hacerlo aumenta proporcionalmente la fatiga central y esta impedirá reclutar la musculatura con mayor tensión, lo que repercute a nivel genérico (reduce la tensión en los sarcómeros, disminuye el número de puentes cruzados, empeora la recaptación de calcio al retículo sarcoplasmático, disminuye la excitabilidad de la moto neurona, se deteriora el paso de potencial de acción por los túbulos T y la MB de la fibra, etc.) y se pierde la capacidad de aplicar fuerza y/o aplicarla con

calidad. Es por lo que, a mayor duración del ejercicio y tempo, mayor fatiga central ante la misma intensidad relativa ya sea controlando exageradamente el tempo, o trabajando en un rango de repeticiones muy altos ($25<$), lo que se podría traducir en menos hipertrofia como tal y mayor fatiga central (Lasevicius et al., 2018), lo que repercutirá en el rendimiento de la sesión, y aunque dependerá del ejercicio, pues en el caso del estudio de Pereira et al., (2016) compararon los tempos bajo el ejercicio de curl de bíceps en banco Scott, al ser este un ejercicio mono articular y de menor complejidad técnica, la fatiga producida no sería mayormente relevante (Rossman et al., 2014). Por otro lado, realizar las repeticiones explosivas desde el principio puede que no genere una tensión apropiada, sin embargo, es sabido que, para obtener adaptaciones estructurales, se debe entrenar al menos a $RIR < 4$, por lo que la tensión será alta sí o sí a medida que pase la serie y nos acerquemos al final de esta.

Por lo general, se ha establecido que controlar y/o ralentizar la cadencia (tempo) es beneficioso debido a un TUT mayor, pero no se ha criticado estos dichos de manera oportuna, es decir, estar más tiempo bajo tensión no implica que haya mayor tensión mecánica, y podría ser contraproducente, perjudicando las ganancias hipertróficas. Por ejemplo, el estudio de Lasevicius et al. (2018) dividió 4 grupos (80%, 60%, 40% y 20% 1RM), donde se observó que el grupo de 20% (grupo con mayor TUT) fue el que menos mejoró y menores ganancias de masa muscular tuvo, por lo que no solo importa la cantidad de TUT que se logre ni tampoco será lo más relevante, sino la magnitud de la carga y el grado de esfuerzo. En otro estudio de Lasevicius et al. (2022) se llegó a la conclusión de que, al utilizar cargas bajas, es necesario llegar al fallo o estar al borde del mismo, por lo que entrenar con cargas

bajas induciría mayor fatiga, sobre todo con cargas bajas versus altas (Farrow et al., 2020).

Dentro de las limitaciones de esta revisión se encuentran i) el haber utilizado solo una base de datos y no haber incluido algunas palabras clave (por ejemplo, muscle size) potencialmente relevantes para la búsqueda, ii) no considerar el nivel de entrenamiento de los sujetos, iii) no considerar la confiabilidad de las mediciones de hipertrofia como criterio de inclusión/exclusión. Sin embargo, por el escaso número de artículos disponibles en la literatura, el uso de estos filtros pudo haber cancelado la realización de este trabajo en primer lugar, a pesar de ofrecer una visión relevante sobre el tópico y potencialmente útil para profesionales y deportistas. Además, el bajo número de estudios de adecuada calidad metodológica disponibles resultó prohibitivo para incorporar un análisis de los efectos del tempo en la respuesta hipertrófica potencialmente modulada por moderadores relevantes para hipertrofia (por ejemplo, tipo de acción muscular; número de series; número de repeticiones; intensidad).

CONCLUSIONES

La evidencia actual (Carlson et al., 2018; Chaves et al., 2020; Shibata et al., 2018; Pereira et al., 2016) sugiere que un tiempo óptimo para obtener adaptaciones hipertróficas estaría en un rango de 2 a 6 segundos por repetición (considerando repeticiones que impliquen llegar al fallo muscular concéntrico). Tiempos más extendidos (>6 segundos) podrían no ser adecuados (por ejemplo, fatiga excesiva) y no induciría mayor hipertrofia comparado con menores tempos, aunque es necesaria mayor evidencia para una conclusión robusta. El efecto hipertrófico de la combinación de diferentes tempos durante una sesión o mesociclo no está claro, requiriéndose investigar particularmente en sujetos entrenados de nivel intermedio-avanzado.

Aplicaciones prácticas

El tiempo de la repetición durante un entrenamiento de fuerza orientado a la hipertrofia no es un pilar ni una variable imprescindible para el mismo. Es por lo que antes de pensar en el tempo de levantamiento y en concordancia con Helms et al. (2019), es clave manejar variables más importantes como el volumen de entrenamiento, la intensidad (absoluta y relativa), la progresión, la adherencia, entre otras. En pocas palabras, y omitiendo la carga utilizada durante una serie de un ejercicio

en concreto, se recomienda a los entrenadores y/o atletas realizar la fase concéntrica del levantamiento lo más rápido posible y con una técnica adecuada, ya que a medida que avance la serie y haya cercanía al fallo muscular, si o si la velocidad disminuirá (Sánchez-Medina & González-Badillo, 2011). Por otro lado, una fase excéntrica controlada (<2 segundos) sería adecuada para tener control sobre la carga externa utilizada. En sujetos avanzados podría ser buena idea manipular el tempo por repetición para dar un estímulo novedoso, sin embargo, hay carencia de evidencia que respalde lo dicho.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adreani, C. M., Hill, J. M., & Kaufman, M. P. (1997). Responses of group III and IV muscle afferents to dynamic exercise. *Journal of Applied Physiology*, 82(6), 1811-1817. <https://doi.org/10.1152/jappl.1997.82.6.1811>
- American College of Sports Medicine (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and science in Sports and Exercise*, 41(3), 687-708. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>
- Baz-Valle, E., Fontes-Villalba, M., & Santos-Concejero, J. (2018). Total Number of Sets as a Training Volume Quantification Method for Muscle Hypertrophy. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(3), 870-878. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002776>
- Carlson, L., Jonker, B., Westcott, W. L., Steele, J., & Fisher, J. P. (2018). Neither repetition duration, nor number of muscle actions affect strength increases, body composition, muscle size or fasted blood glucose in trained males and females. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 44(2), 200-207. <https://doi.org/10.1139/apnm-2018-0376>
- Chaves, T. S., de Campos Biazon, T. M. P., Dos Santos, L. M. E., & Libardi, C. A. (2020). Effects of resistance training with controlled versus self-selected repetition duration on muscle mass and strength in untrained men. *PeerJ*, 8, e8697. <https://doi.org/10.7717/peerj.8697>
- Dankel, S. J., Mattocks, K. T., Jessee, M. B., Buckner, S. L., Mouser, J. G., & Loenneke, J. P. (2017). Do metabolites that are produced during resistance exercise enhance muscle hypertrophy? *European Journal of Applied Physiology*, 117(11), 2125-2135. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3690-1>
- Farrow, J., Steele, J., Behm, D. G., Skivington, M., & Fisher, J. P. (2020). Lighter-Load Exercise Produces Greater Acute - and Prolonged-Fatigue in Exercised and Non-Exercised Limbs. *Research quarterly for exercise and sport*, 92(3), 369-379. <https://doi.org/10.1080/02701367.2020.1734521>

- Farthing, J. P., & Chilibeck, P. D. (2003). The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. *European Journal of Applied Physiology*, 89(6), 578–586. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0842-2>
- Folland, J. P., & Williams, A. G. (2007). The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports medicine*, 37(2), 145–168. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737020-00004>
- González-Badillo, J.J., Sánchez-Medina, L., Pareja-Blanco, F., & Rodríguez-Rosell, D. (2017). *La velocidad de ejecución como referencia para la programación, control y evaluación del entrenamiento de fuerza*. ERGOTECH.
- Grgic, J., Garofolini, A., Orazem, J., Sabol, F., Schoenfeld, B. J., & Pedisic, Z. (2020). Effects of Resistance Training on Muscle Size and Strength in Very Elderly Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Sports Medicine*, 50(11), 1983–1999. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01331-7>
- Headley, S. A., Henry, K., Nindl, B. C., Thompson, B. A., Kraemer, W. J., & Jones, M. T. (2011). Effects of lifting tempo on one repetition maximum and hormonal responses to a bench press protocol. *Journal of strength and conditioning research*, 25(2), 406–413. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181bf053b>
- Helms, E., Morgan, A., & Valdez, A. (2019). *The Muscle and Strength Pyramid: Training*. Independently published.
- Ibañez, J., Izquierdo, M., Argüelles, I., Forga, L., Larrión, J. L., García-Unciti, M., Idoate, F., & Gorostiaga, E. M. (2005). Twice-weekly progressive resistance training decreases abdominal fat and improves insulin sensitivity in older men with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 28(3), 662–667. <https://doi.org/10.2337/diacare.28.3.662>
- Keogh, J. W. L., Wilson, G. J., & Weatherby, R. P. (1999). A cross-sectional comparison of different resistance training techniques in the bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(3), 247–258. https://journals.lww.com/nsca-jscr/Abstract/1999/08000/A_Cross_Sectional_Comparison_of_Different.12.aspx
- Lasevicius, T., Schoenfeld, B.J., Silva-Batista, C., Barros, T.S., Aihara, A.Y., Brendon, H., Longo, A.R., Tricoli, V., Peres, B.A., & Teixeira, E.L. (2022). Muscle Failure Promotes Greater Muscle Hypertrophy in Low-Load but Not in High-Load Resistance Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(2), 346–351. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003454>
- Lasevicius, T., Ugrinowitsch, C., Schoenfeld, B. J., Roschel, H., Tavares, L. D., De Souza, E. O., Laurentino, G., & Tricoli, V. (2018). Effects of different intensities of resistance training with equated volume load on muscle strength and hypertrophy. *European Journal of Sport Science*, 18(6), 772–780. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1450898>

- Mazzetti, S., Douglass, M., Yocum, A., & Harber, M. (2007). Effect of Explosive versus Slow Contractions and Exercise Intensity on Energy Expenditure. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(8), 1291-1301. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318058a603>
- Mesquita, P., Lamb, D. A., Parry, H. A., Moore, J. H., Smith, M. A., Vann, C. G., Osburn, S. C., Fox, C. D., Ruple, B. A., Huggins, K. W., Fruge, A. D., Young, K. C., Kavazis, A. N., & Roberts, M. D. (2020). Acute and chronic effects of resistance training on skeletal muscle markers of mitochondrial remodeling in older adults. *Physiological reports*, 8(15), e14526. <https://doi.org/10.14814/phy2.14526>
- Mookerjee, S., & Ratamess, N. (1999). Comparison of strength differences and joint action durations between full and partial range-of-motion bench press exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(1), 76-81. https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/1999/02000/comparison_of_strength_differences_and_joint.14.aspx
- Nóbrega, S. R., Barroso, R., Ugrinowitsch, C., da Costa, J. L. F., Alvarez, I. F., Barcelos, C., & Libardi, C. A. (2018). Self-selected vs. Fixed Repetition Duration: Effects on Number of Repetitions and Muscle Activation in Resistance-Trained Men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(9), 2419-2424. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002493>
- Ogborn, D., & Schoenfeld, B.J. (2014). The role of fiber types in muscle hypertrophy: Implications for loading strategies. *Strength & Conditioning Journal*, 36(2), 20-25. <https://doi.org/10.1519/SSC.00000000000000030>
- Pereira, P. E. A., Motoyama, Y. L., Esteves, G. J., Quinelato, W. C., Botter, L., Tanaka, K. H., & Azevedo, P. (2016). Resistance training with slow speed of movement is better for hypertrophy and muscle strength gains than fast speed of movement. *International Journal of Applied Exercise Physiology*, 5(2), 37-43. <https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/57564>
- Roschel, H., Ugrinowistch, C., Barroso, R., Batista, M. A., Souza, E. O., Aoki, M. S., Siqueira-Filho, M. A., Zanuto, R., Carvalho, C. R., Neves, M., Mello, M. T., & Tricoli, V. (2011). Effect of eccentric exercise velocity on akt/mtor/p70(s6k) signaling in human skeletal muscle. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 36(2), 283-290. <https://doi.org/10.1139/h10-111>
- Rossmann, M. J., Garten, R. S., Venturelli, M., Amann, M., & Richardson, R. S. (2014). The role of active muscle mass in determining the magnitude of peripheral fatigue during dynamic exercise. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 306(12), R934-R940. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00043.2014>
- Sánchez-Medina, L., & González-Badillo, J.J. (2011). Velocity Loss as an Indicator of Neuromuscular Fatigue during Resistance Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(9), 1725-1734. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213f880>

- Schoenfeld, B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2857–2872. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e840f3>
- Schoenfeld, B. J., Ogborn, D. I., & Krieger, J. W. (2015). Effect of Repetition Duration During Resistance Training on Muscle Hypertrophy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 45(4), 577–585. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0304-0>
- Schoenfeld, B., Grgic, J., Ogborn, D., & Krieger, J. (2017a). Strength and hypertrophy adaptations between low- vs. high-load resistance training: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(12), 3508–3523. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000002200>
- Schoenfeld, B., Ogborn, D., & Krieger, J. (2017b). Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 35(11), 1073-1082. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1210197>
- Schoenfeld, B. J. (2018). *Science and Development of Muscle Hypertrophy*. Human Kinetics.
- Schoenfeld, B., & Grgic, J. (2018). Evidence-Based Guidelines for Resistance Training Volume to Maximize Muscle Hypertrophy, *Strength and Conditioning Journal*, 40(4), 107-112. <https://doi.org/10.1519/SSC.00000000000000363>
- Schoenfeld, B. J. (2020). *Science and Development of Muscle Hypertrophy* (2a Ed.). Human Kinetics.
- Schuenke, M.D., Herman, J.R., Gliders, R.M., Hagerman, F.C., Hikida, R.S., Rana, S.R., Ragg, K.E., & Staron, R.S. (2012). Early-phase muscular adaptations in response to slow-speed versus traditional resistance-training regimens. *European Journal of Applied Physiology*, 112(10), 3585-3595. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2339-3>
- Shepstone, T. N., Tang, J. E., Dallaire, S., Schuenke, M. D., Staron, R. S., & Phillips, S. M. (2005). Short-term high- vs. low-velocity isokinetic lengthening training results in greater hypertrophy of the elbow flexors in young men. *Journal of Applied Physiology*, 98(5), 1768–1776. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01027.2004>
- Shibata, K., Takizawa, K., Nosaka, K., & Mizuno, M. (2018). Effects of Prolonging Eccentric Phase Duration in Parallel Back-Squat Training to Momentary Failure on Muscle Cross-Sectional Area, Squat One Repetition Maximum, and Performance Tests in University Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(3), 668-674. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000002838>
- Srikanthan, P., Horwich, T. B., & Tseng, C. H. (2016). Relation of Muscle Mass and Fat Mass to Cardiovascular Disease Mortality. *The American Journal of Cardiology*, 117(8), 1355–1360. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2016.01.033>

- Stasinaki, A.N., Zaras, N., Methenitis, S., Bogdanis, G., & Terzis, G. (2019). Rate of Force Development and Muscle Architecture after Fast and Slow Velocity Eccentric Training. *Sports*, 7(2), 41. <https://doi.org/10.3390/sports7020041>
- Suchomel, T.J., Nimphius, S., & Stone, M.H. (2016). The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1419–1449. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>
- Tanimoto, M., & Ishii, N. (2006). Effects of low-intensity resistance exercise with slow movement and tonic force generation on muscular function in young men. *Journal of Applied Physiology*, 100(4), 1150–1157. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00741.2005>
- Wackerhage, H., Schoenfeld, B. J., Hamilton, D. L., Lehti, M., & Hulmi, J. J. (2019). Stimuli and sensors that initiate skeletal muscle hypertrophy following resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 126(1), 30-43. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00685.2018>

Dirección para correspondencia

Julio Benavides-Villanueva
Profesor de Educación Física
Ciencias de la Actividad Física
Universidad de Los Lagos
Río Bueno, región de los Ríos, Chile

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1939-1315>

Contacto:

j.benavides.jb48@gmail.com

Recibido: 14-07-2021

Aceptado: 12-04-2022



Esta obra está bajo una Licencia de Creative Commons Reconocimiento-CompartirIgual 4.0 Internacional.