



Revista Ciencias de la Actividad Física

ISSN: 0717-408X

ISSN: 0719-4013

rvargas@ucm.cl

Universidad Católica del Maule

Chile

Ariza Viviescas, Andrés Mauricio

**Fallo muscular en la hipertrofia con entrenamiento de contra resistencia: una revisión sistemática**

Revista Ciencias de la Actividad Física, vol. 23, núm. 1, 2022, Enero-Junio, pp. 1-17

Universidad Católica del Maule

Talca, Chile

DOI: <https://doi.org/10.29035/rcaf.23.1.11>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=525670163011>

- 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

# Fallo muscular en la hipertrofia con entrenamiento de contra resistencia: una revisión sistemática

## Muscle failure in hypertrophy with resistance training: a systematic review

<sup>1</sup> Andrés Mauricio Ariza Viviescas

---

Ariza Viviescas, A. M. (2022). Fallo muscular en la hipertrofia con entrenamiento de contra resistencia: una revisión sistemática. *Revista Ciencias de la Actividad Física UCM*, 23(1), enero-junio, 1-17. <https://doi.org/10.29035/rcaf.23.1.11>

### RESUMEN

**Objetivo:** Determinar cuáles son los efectos que tiene el fallo muscular en el desarrollo de la hipertrofia en el entrenamiento de contra resistencia. **Métodos:** Estudio de tipo revisión sistemática, es decir, de enfoque cualitativo y de diseño no experimental. Se realizó una búsqueda sistemática en cinco bases de datos (Pubmed, Google Académico, ScienceDirect, Scopus, Sportdiscus). Después de analizar 405 estudios, fue preciso considerar su utilidad y relevancia con respecto a la revisión, así como también la credibilidad o experiencia del autor en la temática. **Resultados:** Después del cribado correspondiente y la evaluación metodológica 9 estudios cumplieron con los criterios de inclusión, según lo obtenido de esta revisión la utilización del Fallo Muscular (FM) no mostró beneficios adicionales en el aumento de la masa muscular. Además, se mostró que no existen diferencias significativas cuando se comparan cargas altas y bajas utilizando esta variable. **Conclusión:** Se determinó que la variable volumen es más importante en desarrollos hipertróficos independientemente de si un ejercicio se ejecuta o no hacia el fallo muscular, asimismo, es más beneficioso para la hipertrofia cuando las repeticiones no se llevan al fallo muscular si no se dejan cerca de este.

**Palabras clave:** fallo muscular, hipertrofia, entrenamiento de contra resistencia.

### ABSTRACT

**Objective:** To determine what are the effects of muscle failure on the development of hypertrophy in counter resistance training. **Method:** It is a systematic review type of study, that is, with a qualitative approach and a non-experimental design. A systematic search was carried out in 5 databases (Pubmed, Google Scholar, ScienceDirect, Scopus, Sportdiscus). After analyzing 405 studies, it was necessary to consider their usefulness and relevance in respect of the review, as well as the credibility or experience of the author on the subject. **Results:** After the corresponding screening and methodological evaluation, 9 studies met the inclusion criteria, as obtained from this review, the use of Muscle Failure (FM) did not show additional benefits in increasing muscle mass. In addition, it was shown that there are no significant differences when comparing high and low loads using this variable. **Conclusion:** It was determined that the volume variable is more important in hypertrophic developments regardless of whether or not an exercise is executed towards muscle failure, it is also more beneficial for hypertrophy when repetitions do not lead to muscle failure but are close to it.

**Key words:** Muscle failure, hypertrophy, resistance training.

<sup>1</sup> Profesional en Cultura Física, Deporte y Recreación. Universidad de Santo Tomás. Bucaramanga, Colombia.  
<https://orcid.org/0000-0002-3157-9575> | [andrecio1@hotmail.com](mailto:andrecio1@hotmail.com)

## INTRODUCCIÓN

La hipertrofia muscular es un aspecto fundamental en el ámbito deportivo, en la salud, y en lo que se refiere a la estética corporal, esto se debe a que un aumento de la masa muscular se traduce en un mayor rendimiento deportivo en ciertas disciplinas, cambios positivos en la calidad de vida, y una mejora en la composición corporal. Los asiduos del entrenamiento con sobrecarga buscan optimizar de la manera más eficiente las variables (por ejemplo: volumen, intensidad, tiempo bajo tensión) en sus planificaciones de entrenamiento en busca de lograr sus objetivos.

Dentro de estas variables está lo que se llama el fallo muscular (FM), el cual se define como el momento en que no se puede realizar una repetición más en un levantamiento o movimiento debido al agotamiento y la fatiga local o general (Schoenfeld & Grgic, 2019; Lacerda et al., 2019; Schoenfeld, 2013; Willardson et al., 2010). Asimismo, otros autores definen el FM como el momento dentro de una serie en el cual se falle un levantamiento y se termine la sesión con un gran cansancio muscular regional o local (Schoenfeld, 2013; Schoenfeld & Grgic, 2019; Lasevicius et al., 2022). Más específicamente hablando, se dice que el FM ocurre inicialmente durante la fase concéntrica de una repetición cuando los músculos no pueden producir el torque suficiente para vencer una determinada resistencia, más allá de un ángulo articular crítico o punto de estancamiento (Tatsumi et al., 2002, como se citó en Willardson et al., 2010, pág. 21). Es decir, la incapacidad para completar una repetición venciendo la resistencia en un rango completo de movimiento, debido a la fatiga (Davies et al., 2016, p. 489). Siguiendo lo anterior, algunos investigadores han argumentado que el realizar ejercicios de contra resistencia hasta conseguir el fallo, maximiza el reclutamiento de unidades motoras (Willardson, 2007; Davies et al., 2016, p. 489). Las unidades motoras están

determinadas por dos umbrales (inferior y superior) y a medida que se realizan repeticiones consecutivas, las unidades motoras de umbral inferior serán fatigadas; es decir, las que están compuestas por las fibras de contracción lenta, tipo I, y al fatigar estas fibras anteriormente nombradas, favorecerá el reclutamiento de unidades motoras de umbral superior compuestas predominantemente de fibras musculares de contracción rápida tipo IIx. Una vez que todas las unidades motoras disponibles se han fatigado hasta el momento en donde una resistencia no puede ser movilizada o levantada más allá de un ángulo unión crítico (rango completo de movimiento) se ha conseguido el fallo muscular (Davies et al., 2016, p. 489; Schoenfeld, 2020).

En las últimas tres décadas se han desarrollado gran cantidad de investigaciones en cuanto al entrenamiento con sobrecarga, la gran mayoría de estos estudios evalúan el comportamiento de algunas variables del entrenamiento, como la frecuencia, la intensidad, el volumen, el descanso, por nombrar algunas; sin embargo, el FM no es una variable tan tenida en cuenta (Willardson et al., 2010, p. 21). En el entrenamiento enfocado hacia la hipertrofia, ha existido la creencia generalizada de que llegar al fallo muscular es imprescindible de cara al aumento del diámetro muscular; lo anterior es defendido por la literatura científica, la cual indica que esta variable está relacionada con un aumento del grosor de las fibras musculares debido a que el FM facilita un mayor daño y ruptura de las miofibrillas, aspecto fundamental dentro del entrenamiento enfocado a la hipertrofia (Willardson et al., 2010; Schoenfeld, 2010; Schoenfeld, 2020). De igual manera, otros autores indican que el FM contribuye al reclutamiento y agotamiento de las unidades motoras, factor importante en busca de estimular la mayor cantidad de fibras y, por

consiguiente, un mayor aumento del grosor de estas (Rooney et al., 1994, citados en Schoenfeld, 2010).

Hace unos años atrás, en el entrenamiento de sobrecarga encaminado a la hipertrofia, se indicaba que el FM era necesario para estimular la ganancia de masa muscular. La literatura, con el pasar del tiempo, ha empezado a cuestionar dicha postura, indicando que FM ya no es una es una variable que resulte fundamental de cara a la optimización de la hipertrofia. En todo caso, existe aún desinformación acerca de este fenómeno y aún el FM se utiliza dentro de las salas de ejercicios bajo los mismos argumentos de buscar el daño, las agujetas (DOMS), y la fatiga local. Esta falta de información por parte del público que entrena regularmente para fines de aumento del tejido muscular utiliza esta vía para dicho objetivo sin algún conocimiento previo y sin el control riguroso de la fatiga, lo que puede acarrear problemas como el sobreentrenamiento, las lesiones y el detrimento de los resultados (Raya-González & Sánchez, 2019, p. 383). Una de las problemáticas identificadas es la creencia popular y generalizada de muchos de los practicantes del entrenamiento, musculación y fitness, incluso de muchos entrenadores, los cuales indican que para el aumento de la masa muscular, las ganancias de fuerza, generar desarrollo y adaptaciones, es fundamental llegar a ese cansancio local o analítico, y para lograr dicho propósito, es necesario realizar gran cantidad de series hasta el agotamiento, FM o también conocido como carácter del esfuerzo máximo de manera frecuente en el entrenamiento (González-Badillo & Ribbas, 2002). Aunque exista literatura que defienda su utilización, el problema no radica en el uso y el no uso de esta variable dentro de las sesiones, sino en la correcta aplicabilidad y dosificación dentro de la planificación del entrenamiento, ya que el abuso de la utilización del FM está relacionado

con el aumento de riesgos como el sobreentrenamiento muscular, molestias, fatiga crónica y lesiones por sobreuso (Willardson, 2007; Willardson et al., 2010; Raya-González & Sánchez, 2019, p. 383). Además, autores manifiestan que es necesario que se realicen estudios donde su uso este documentado en diferentes poblaciones, para llegar a un consenso y una adecuada aplicabilidad (Raya-González & Sánchez, 2019, p. 377). Por lo anterior, la pregunta polémica que suscita es determinar si el fallo muscular tiene algún beneficio adicional en la hipertrofia y si su uso es necesario en diversos grupos poblacionales.

Por lo anterior, los resultados de esta revisión serán fundamentales para identificar cuáles son los efectos del FM en el aumento de la masa muscular, y dar respuesta a la problemática planteada, definiendo qué tipo de población puede hacer uso de esta variable, en que momentos, y en qué condiciones específicas, se debe incluir dentro de una planificación orientada a la hipertrofia. Por todo lo anterior, el objetivo es determinar cuáles son los efectos que tiene el fallo muscular en el desarrollo de la hipertrofia en el entrenamiento de contra resistencia

## MÉTODOS

La presente revisión es una investigación de enfoque cualitativo, y de diseño no experimental, al clasificarse como tipo de investigación secundaria, sin un análisis estadístico (Vidal et al., 2015; Hernández-Sampieri & Torres, 2018). Asimismo, se describe la evidencia encontrada a partir de literatura científica publicada en bases de datos académicas de acuerdo de las recomendaciones de la *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 5.1.0* y a los lineamientos de la declaración PRISMA para la realización de revisiones sistemáticas. (Urrútia & Bonfill, 2010; Higgins & Green, 2012).

## Criterios de Elegibilidad

### Criterios de Inclusión

- Estudios realizados desde el 01 de enero del 2015 hasta el 20 de septiembre del 2020
- Sólo se incluirán los estudios en idioma español e inglés.
- Artículos potencialmente relevantes, de los cuales se les puede recuperar su texto completo, sean de libre acceso y tenga relación con el tema de la revisión.
- Ensayos clínicos aleatorizados.
- Los estudios involucraron participantes sin condiciones médicas conocidas.
- Se incluirán estudios realizados en población con o sin experiencia en el entrenamiento contra resistencia.
- Intervenciones realizadas en cualquier tipo de población.

### Criterios de Exclusión

- Se excluirán los artículos científicos de los cuales no se pueda recuperar su texto completo, de igual manera, aquellos que no sean de libre acceso.
- Estudios que se encuentren duplicados.
- Estudios cuyo foco de investigación haya sido el aumento de la fuerza y no de la masa muscular, a no ser que tengan relación.
- Se descartarán estudios en otros idiomas que no sean los enunciados anteriormente y que estén publicados antes de la fecha.
- Se omitirán los artículos sin conclusión o en fase preliminar.
- Se excluirán los artículos que experimenten en animales.

- Se omitirán los artículos en los cuales el fallo muscular no haya sido el foco de la investigación, así este se haya utilizado dentro de las metodologías de intervención.
- Se excluirán aquellos estudios que no cumplan con la puntuación mínima de calidad metodológica de la Escala PEDro.

### Fuentes de información

Para esta revisión sistémica, la información fundamental se obtendrá de los estudios dentro de las bases de datos *Google Academic*, *ScienceDirect*, *Pubmed*, *Sportdiscus*, y *Scopus* cuya fecha de publicación estuviera entre el 01 de enero del 2015 y el 20 de septiembre del 2020.

### Búsqueda

La búsqueda bibliográfica se realizó de acuerdo con las pautas de informes preferidos para revisiones sistemáticas y metaanálisis (PRISMA). En cuanto a la búsqueda correspondiente en las bases de datos nombradas en el párrafo anterior, se utilizaron las siguientes palabras claves en español e inglés: *Muscle*, *músculo*, *"fallo muscular"*, *"failure muscle"*, *"hipertrofia"*, *"hypertrophy"*, *"resistance training"*, *"contra resistencia"*. Se utilizaron los siguientes operadores booleanos: AND/OR.

### Selección y extracción de los estudios

Se escogieron los estudios mediante la búsqueda sistemática de la literatura científica en las diferentes bases de datos previamente enunciadas, aplicando el cribado correspondiente con respecto a los criterios de elegibilidad para así determinar las investigaciones que se utilizaran en esta revisión; con respecto a la extracción de los estudios, se examinaron minuciosamente los títulos y resúmenes de cada artículo y, de esta manera, establecer si se relacionan con la temática de interés, y así eliminar los artículos claramente

irrelevantes; para ello fue preciso considerar la utilidad y la relevancia del tema estudiado y la credibilidad o experiencia del autor en la temática.

### Riesgo de sesgos en los estudios

Para evaluar el riesgo de sesgo de los estudios se utilizó la escala de la Base de datos de evidencia de fisioterapia (PEDro) para esta revisión sistemática. La escala PEDro se basa en 11 ítems diferentes relacionados con el rigor científico. Debido a que los evaluadores rara vez son cegados, y es casi imposible cegar a los participantes e investigadores en las intervenciones supervisadas en lo que respecta a la actividad y ejercicio físico, los criterios 5, 6 y 7, que son específicos del cegamiento, se eliminaron de la escala (Schoenfeld et al., 2017, citados por Baz-Valle et al., 2018). Con la eliminación de estos ítems, el resultado máximo en el PEDro modificado de ocho puntos la escala fue siete (ya que el primer elemento no está incluido en el puntaje total) y el más bajo, cero puntos. El primer criterio influye en la validez externa, pero no en la validez interna de la investigación; este ítem ha sido incluido en la escala PEDro para que todos los ítems de la escala Delphi estén representados; asimismo, este ítem no se utiliza para calcular la puntuación PEDro (Maher et al., 2003); por lo tanto, se otorgan cero puntos a un estudio que no cumple ninguno de los criterios incluidos dentro de la escala y siete puntos para aquella investigación que satisface todos los ítems.

### Medidas de resumen y síntesis de los resultados

Se procedió a la construcción del resumen, para lo que se tomaron los siguientes datos de cada uno de los manuscritos: autor, fecha de publicación, población por sexo, edad, experiencia en el entrenamiento de contra resistencia y otras características

complementarias (Tabla 2), además, se especificaron las características de las intervenciones (Tabla 3).

Para la sintetizar los resultados se realizaron tablas y resúmenes para clasificar lo obtenido en cada uno de los artículos, describiendo como se comportó la variable del FM en la hipertrofia en cada una de las investigaciones.

## RESULTADOS

### Estudios seleccionados

La estrategia de búsqueda arrojó 405 estudios, como se muestra en la Figura 1. Después de eliminar duplicados y después de aplicado el cribado correspondiente expuesto en los criterios de elegibilidad, se determinaron los estudios potencialmente relevantes para el tema en función de la información contenida en el manuscrito, de los cuales solo nueve estudios cumplieron con los criterios de inclusión. Los estudios excluidos tuvieron al menos una de las siguientes características: 1) Las intervenciones del fallo muscular se realizaron para otros fines diferentes a la hipertrofia. 2) Las ganancias de masa muscular se vieron afectadas por otros métodos (por ejemplo: oclusión sanguínea) independientemente del uso del FM. 3) No tenían relación con el tema. 4) Dificil acceso y recuperación del texto completo. 5) datos e información incompleta con respecto a aspectos metodológicos (por ejemplo: un proceso de aleatorización definido, falta de un grupo control, etc.).

De los nueve estudios incluidos para análisis, seis de estos corresponden a la base de datos de Pubmed (Lasevicius et al., 2022; Carroll et al., 2019; Trindade et al., 2019; Schoenfeld et al., 2019; Lacerda et al., 2019; Martorelli et al., 2017), y los tres estudios restantes, corresponden a Google académico (Da Silva et al., 2018; Jenkins et al., 2017; Morton et al., 2016). Por otra parte, de las bases de

datos como ScienceDirect, Sportdiscus y Scopus, no se obtuvieron recursos relevantes para la revisión.

### Calidad Metodológica

Dentro de la evaluación metodológica, se excluyeron los ítems del cegamiento, por lo tanto, la escala PEDro quedó modificada cambiando su puntuación (Schoenfeld et al., 2017, citados por Baz-Valle et al., 2018). Según esto, la Tabla 1,

muestra la calidad de todos los artículos y su puntuación de 1 a 7 (validez interna). Todos los artículos cumplieron con el ítem de validez externa, y sólo un estudio de los evaluados obtuvo una calificación regular debido a que no se hizo explícito dentro de la metodología la aleatorización y asignación de los participantes después de una lectura exhaustiva del manuscrito.

Figura 1

*Flujograma de la estrategia de búsqueda.*

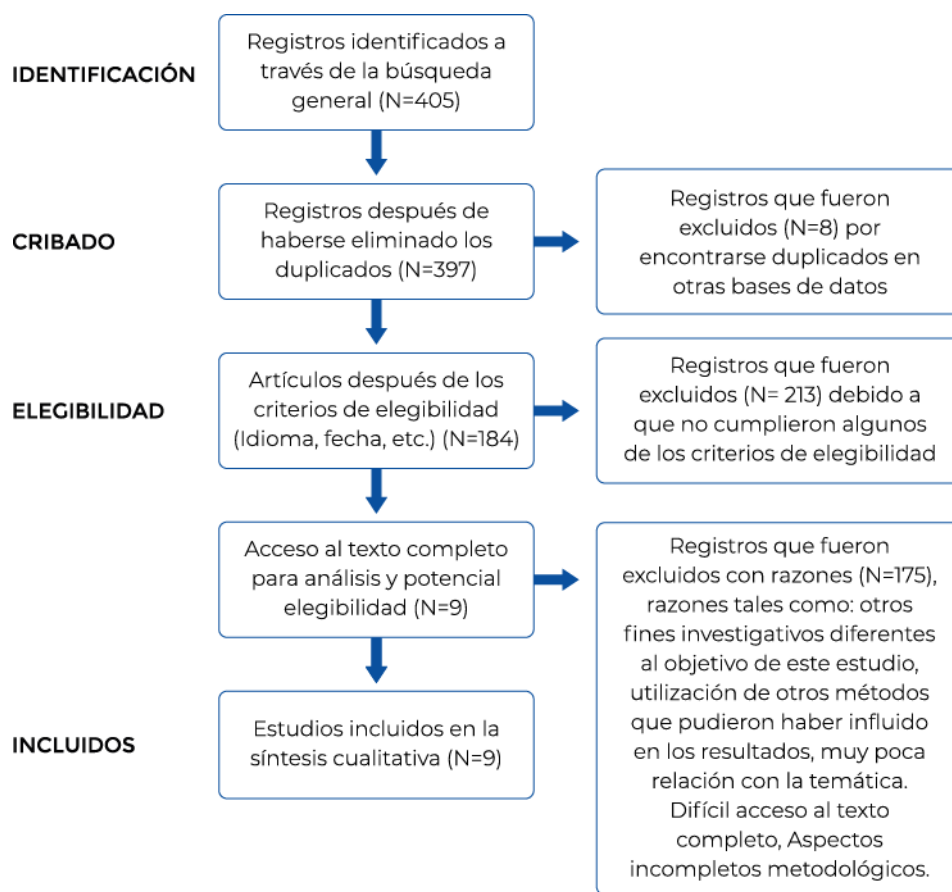


Tabla 1

*Escala de evaluación metodológica Physiotherapy evidence database (PEDro).*

Estudio	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL
Lasevicius et al., 2022	Sí	1	0	1	1	1	1	1	6
Carroll et al., 2019	Sí	1	0	1	1	1	1	1	6
Trindade et al., 2019	Sí	1	1	1	1	1	1	1	7
Da Silva et al., 2018	Si	1	1	1	1	0	1	1	6
Martorelli et al., 2017	Sí	1	0	1	1	0	1	1	5
Jenkins et al., 2017	Sí	1	0	1	1	0	1	1	5
Morton et al., 2016	Sí	1	0	1	1	0	1	1	5
Schoenfeld et al., 2019	Sí	1	0	1	1	0	1	1	5
Lacerda et al., 2019	Sí	1	0	1	1	0	1	1	5

\*Nota: Elementos de la escala (PEDro) 1 = los criterios de elegibilidad se detallaron; 2 = se especificó una aleatorización de los participantes en grupos; 3 = se identificó el ocultamiento en la asignación de grupos; 4 = los grupos de participantes fueron similares al inicio con base a los indicadores de pronósticos más importantes; 5 = las medidas de al menos 1 resultado clave fueron conseguidos del 85% de los participantes asignados inicialmente en cada uno de los grupos; 6 = se demostraron los resultados de todos los participantes a los que fue suministrada la intervención o fueron asignados a un grupo control, o si esto no sucedió, los datos fueron analizados por intención a tratar, para obtener al menos un resultado clave; 7 = los resultados obtenidos de las comparaciones estadísticas entre los grupos de participantes fueron detallados para al menos un resultado clave; 8 = el estudio provee medidas puntuales y de varianza para al menos un resultado clave.

## Evidencia de la utilización del fallo como variable de la hipertrofia

El análisis del fallo muscular en la hipertrofia comprendió nueve estudios, con un total de 331 participantes (249 hombres y 89 mujeres, sanos, sin ningún tipo de patología). En el rango de edad de casi todos los estudios, los participantes se encuentran en un rango de 21 a 31 años, y solamente un estudio evaluó adultos mayores. Debido a la diversidad metodológica, se sintetizó la información en la Tabla 2 y Tabla 3 con los resultados más descriptivos de las diversas intervenciones y medidas que se utilizaron para cada estudio.

La gran mayoría de las intervenciones analizaban la utilización del FM comparado con el no uso de esta variable en la hipertrofia (Lasevicius et al., 2022; Carroll et al., 2019; Da Silva et al., 2018; Martorelli et al., 2017; Lacerda et al., 2019; Trindade et al., 2019). Sin embargo, otros estudios evaluaban el uso del FM con diferentes cargas suministradas en los participantes (Jenkins et al., 2017; Schoenfeld et al., 2019).



Tabla 2

*Características de los estudios y los participantes.*

Estudio	Participantes (M/F)	Edad	Experiencia de entrenamiento de contra resistencia	Otras características
Lasevicius et al., 2022	25/0	23.8 ± 4.9	Sin experiencia	Los participantes no habían realizado durante los 6 meses previos alguna actividad con relación al entrenamiento contra resistencia
Carroll et al., 2019	15/0	26.94 ± 3.95	7.7 ± 4.2 años	Entrenamiento de resistencia constante de al menos 3 días semana
Trindade et al., 2019	31/0	31.37 ± 6.83	Al menos 1 año	Los participantes no habían realizado durante los 6 meses previos alguna actividad con relación al entrenamiento contra resistencia
Da Silva et al., 2018	52/0	66.2 ± 5.2	n/a	Los participantes no siguieron un programa de entrenamiento periodizado en los 3 meses anteriores
Martorelli et al., 2017	0/89	21.9 ± 3.3	n/a	Los participantes no habían realizado durante los 6 meses previos alguna actividad con relación al entrenamiento contra resistencia
Jenkins et al., 2017	26/0	23.1 ± 4.7	n/a	Los participantes no habían realizado durante los 6 meses previos alguna actividad con relación al entrenamiento contra resistencia
Morton et al., 2016	49/0	23 ± 1	4 ± 2 años	2 sesiones por semana (rango 3-6 días / semana), incluyendo al menos una sesión semanal dedicada de la parte inferior del cuerpo
Schoenfeld et al., 2019	34/0	23.8 ± 3.8	4.4 ± 3.9 años	Entrenamiento de contra resistencia al menos tres veces por semana durante un mínimo de 1 año.
Lacerda et al., 2019	10/0	23.7 ± 4.9	Sin experiencia	Los participantes no habían realizado durante los 6 meses previos alguna actividad con relación al entrenamiento contra resistencia

\*Nota: M= Masculino; F= Femenino

Tabla 3

*Características de los programas de entrenamiento.*

Estudio	Grupos y Participantes	Tiempo de intervención Semanas/sesiones	Medida de Hipertrofia	Resultados
<b>Lasevicius et al., 2022</b>	LL-RF = 13 HL-RFL = 13 L-RNF = 12 HL-RNF = 12	8 semanas 16 sesiones	MRI	El fallo muscular no promueve ningún beneficio adicional en la hipertrofia
<b>Carroll et al., 2019</b>	RM= 8 RI SR= 7	10 semanas 3 sesiones x semana	Biopsia muscular	El entrenamiento sin el uso del fallo muscular produce adaptaciones más óptimas para la hipertrofia muscular en sujetos entrenados
<b>Trindade et al., 2019</b>	TRT= 12 Pre Ex= 12 CON= 7	9 semanas 2 sesiones x semana	Ultrasonido DXA	No hubo diferencias significativas entre grupos
<b>Da Silva et al., 2018</b>	RF= 17 RNFV= 15 RNF = 20	12 semanas 2 veces x semana	Ultrasonido Modo B	El fallo muscular no promueve ningún beneficio adicional en la hipertrofia
<b>Martorelli et al., 2017</b>	RF = 30 RNFV= 32 RNF= 27	10 semanas	Ultrasonido Modo B	El fallo muscular no promueve ningún beneficio adicional en la hipertrofia
<b>Jenkins et al., 2017</b>	80% 1RM= 13 30% 1RM = 13	6 semanas 3 sesiones x semana	Ultrasonido	No hubo diferencias significativas entre grupos
<b>Morton et al., 2016</b>	HR = 24 LR = 25	12 semanas 4 sesiones x semana	DXA	No hubo diferencias significativas entre grupos
<b>Schoenfeld et al., 2019</b>	LV =11 MV =12 HV= 11	8 semanas 3 sesiones x semana	Ultrasonido	Mayor volumen de entrenamiento está relacionado con aumentos del tamaño muscular, independientemente del uso del fallo muscular
<b>Lacerda et al., 2019</b>	FM y NFM = 10	14 semanas	Ultrasonido	El fallo muscular no promueve ningún beneficio adicional en la hipertrofia

\*Nota: LL-RF= fallo con baja carga; HL-RFL= fallo con alta carga; L-RNF= baja carga sin fallo; HL-RNF= alta carga sin fallo; MRI= imagen por resonancia magnética; RM= repetición máxima; RI SR= intensidad relativa; TRT= entrenamiento tradicional; Pre Ex= Previo al agotamiento; CON= grupo control; DXA= absorciometría dual por rayos X; RF= repeticiones al fallo; RNFV= repeticiones sin fallo con volumen ecualizado; RNF= repeticiones sin fallo muscular; HR= altas repeticiones; LR= bajas repeticiones; LV= volumen bajo; MV = volumen moderado; HV= volumen alto; FM = fallo muscular; NFM = sin fallo muscular.

## DISCUSIÓN

El propósito de esta revisión sistemática fue determinar los efectos del fallo muscular en el crecimiento muscular. El principal hallazgo de esta revisión fue que la utilización del FM no mostró beneficios adicionales en el aumento de masa muscular. Además, esta revisión sistemática mostró que no hay diferencias significativas cuando se comparan cargas altas, moderadas y bajas usando esta variable, pero sí se demostró una fuerte influencia del volumen de entrenamiento en el crecimiento muscular cuando las repeticiones se llevan al FM.

Dentro de las limitaciones y debilidades encontradas en varios de los estudios y más específicamente en los de menor ponderación, fueron: aspectos incompletos con respecto a los procedimientos de aleatorización de los pacientes, y falta de información sobre el ocultamiento de la asignación con respecto a la intervención.

De acuerdo a lo obtenido, se van a describir y a discutir los principales resultados, en diversos aspectos, como la relación del FM y su utilidad, el fallo muscular a frente otras variables de entrenamiento, y el FM en diferentes poblaciones, para dar respuesta a la problemática.

### Intensidad (%1RM) y fallo muscular

Se ha sugerido que las repeticiones hasta el FM propician el reclutamiento máximo de todas las unidades motoras dentro de un ejercicio realizado (Carroll et al., 2019; Schoenfeld, 2010; Schoenfeld, 2020) por lo tanto, este fallo voluntario genera una estimulación óptima de estas unidades, tanto de alto como de bajo umbral, independientemente de la intensidad del entrenamiento (Carroll et al., 2019). Algunos estudios afirman que la cantidad de masa levantada por repetición (denominada aquí

carga o intensidad) no es un determinante principal de los cambios en la hipertrofia (Morton et al., 2016) cuando las repeticiones se llevan hasta el FM. Por lo anterior, varios autores han constatado esa afirmación, sugiriendo que el entrenamiento de contra resistencia con cargas bajas (es decir, baja intensidad) genera estimulación similar en la síntesis de proteínas musculares e hipertrofia equivalente a las cargas altas (alta intensidad) de entrenamiento, cuando la condición de las cargas bajas se realiza hasta este fallo muscular (Mitchell et al., 2012; Morton et al., 2016; Lasevicius et al., 2022). Incluso, si las intervenciones de entrenamiento contra resistencia se manipulan de manera en que los participantes lleven las repeticiones hasta el fallo y se equipare el volumen (por ejemplo: más series) (Schoenfeld et al., 2014), sigue siendo evidente que las adaptaciones similares son causadas por las repeticiones llevadas a este fallo y no por la intensidad, cuando en las intervenciones se usa esta variable; por lo que el volumen en el entrenamiento puede ser más fundamental en el proceso de ganancias de masa muscular. Como se mencionó anteriormente, al permitir que un grupo intervenido realice más volumen, lo que trae consigo un fallo muscular voluntario, se incrementará la fatiga, lo que en consecuencia, contribuirá a un aumento en el reclutamiento de unidades motoras (Mitchell et al., 2012, citado por Morton et al., 2016; Davies et al., 2016, p. 489; Schoenfeld, 2020) y, por lo tanto, hipertrofia de las fibras musculares inervadas por unidades motoras grandes y pequeñas (Davies et al., 2016, p. 489; Schoenfeld, 2020; Morton et al., 2015; Morton et al., 2016).

Por otra parte, Jenkins et al., 2017 en su intervención de seis semanas de entrenamiento de contra resistencia llevado al fallo con alta intensidad (80% 1RM) y baja intensidad (30% 1RM), produjeron una hipertrofia similar, la cual fue medida por ultrasonido. Y aunque la variable de

la intensidad no influye significativamente en el crecimiento muscular cuando las repeticiones se llevan al FM, sí que es cierto que el entrenamiento a altas intensidades aumenta la eficiencia de la activación muscular en mayor medida que intensidades bajas (menor % de 1RM) de entrenamiento, lo que induce a ganancias de fuerza, aspecto que se ha demostrado reiteradamente en investigaciones (Jenkins et al., 2017) y que igualmente se sustenta por múltiples estudios que defienden esto y han sugerido que la hipertrofia es similar en respuesta al entrenamiento con cargas altas y bajas llevadas al FM, pero sí hay diferencias en lo que respecta a mejoras significativas de fuerza (Seynnes et al., 2007; DeFreitas et al., 2011; Mitchell et al., 2012; Ogasawara et al., 2013; Schoenfeld et al., 2015; Jenkins et al., 2016, citado en Jenkins et al., 2017).

### Volumen de entrenamiento y fallo muscular

Siguiendo la idea del apartado anterior, el volumen como un factor más influyente en la hipertrofia también es defendido por Martorelli et al. (2017) quienes en su intervención demostraron que los grupos que realizaron el mayor volumen de entrenamiento (es decir, el grupo que llevo las repeticiones al FM y el grupo de FM con volumen ecualizado) presentaron los niveles más altos de ganancia en el grosor del músculo, en comparación con el grupo de repeticiones submáximas que no llegó al fallo muscular, lo que indica que el fallo muscular es una variable que se relaciona con el volumen de entrenamiento, y puede contribuir a que se realicen más repeticiones. Sin embargo, y en contraposición, otros autores indican que el FM genera un gran agotamiento y trae en consecuencia una falta de recuperación, debido al mayor impacto metabólico (Gorostiaga et al., 2012; Martorelli et al., 2017; Carroll et al., 2019). Además, Trindade et al. (2019) en su intervención, especularon que el estrés metabólico

incrementado, inducido por la utilización del FM inmediatamente antes de otro ejercicio, puede atenuar el volumen total de entrenamiento posible en que una lenta recuperación y una atenuación del volumen de entrenamiento, generan menores tasas de crecimiento muscular. Por tanto, los objetivos y riesgos que pueda demandar del entrenamiento de contra resistencia hasta el fallo deben considerarse antes de su prescripción (Martorelli et al., 2017).

Resumiendo, tanto las repeticiones llevadas al fallo o no, no generaban una ganancia similar en la hipertrofia si no que era el volumen quien tenía más influencia en el aumento del tamaño del músculo. Este resultado sugiere que la hipertrofia de los participantes del entrenamiento de contra resistencia puede optimizarse más, utilizando un mayor volumen de trabajo total, mientras que la fatiga muscular (es decir, repeticiones hasta el fallo) no agrega ningún estímulo adicional en la hipertrofia (Martorelli et al., 2017).

### Fallo Muscular en diferentes poblaciones

En los apartados anteriores se demostró la influencia del volumen en el aumento del músculo, y la poca relevancia de la intensidad en entrenamientos hasta el fallo muscular. Dentro del conjunto de artículos encontrados en la literatura se evaluaron diferentes poblaciones tanto entrenados, como no entrenados, desde adultos mayores hasta mujeres.

Se constató que, en los usuarios no entrenados, resulta más beneficioso que se aumente el volumen como variable ya que resulta más importante que realizar repeticiones a FM para las adaptaciones crónicas asociadas con el entrenamiento de contra resistencia en esta población (Lacerda et al., 2019). Además, es importante que el entrenamiento que no se lleva al fallo muscular se realice con un nivel relativamente alto en cuanto al grado de esfuerzo

(Lacerda et al., 2019) ya que se ha demostrado que, cuando se realizan repeticiones cerca del fallo muscular, pero no se llega a este, la actividad muscular parece ser la misma que cuando las repeticiones son llevadas al FM (Lasevicius et al., 2022). Se añade que, el entrenamiento llevado al FM en principiantes no solo puede generar un esfuerzo innecesario, sino que también puede afectar en la recuperación del músculo debido a un mayor impacto metabólico y neuromuscular (Lasevicius et al., 2022). De igual manera, en alguna intervención existe alguna discrepancia con lo anterior; Damas et al. (2016, citados por Jenkins et al., 2017) sugieren que la hipertrofia observada después ciertas semanas de entrenamiento puede deberse, en parte, al edema muscular y/o daño por ejercicio no acostumbrado en población no entrenada (Jenkins et al., 2017).

Por otra parte, en usuarios entrenados al igual que con los no entrenados viene mejor prescribir entrenamiento en base al volumen, puesto que, volúmenes de entrenamiento sustancialmente mayores pueden ser beneficiosos para mejorar el crecimiento muscular sin llegar al fallo muscular en aquellos con experiencia previa en el entrenamiento de contra resistencia (Schoenfeld et al., 2019).

En cuanto a las mujeres, al igual que lo dicho anteriormente, el entrenamiento de contra resistencia realizado con repeticiones hasta el fallo no induce ganancias adicionales en la fuerza máxima, la resistencia o la hipertrofia muscular (Martorelli et al., 2017). Además, este mismo autor sugiere que realizar repeticiones hasta el fallo concéntricas, sí que puede ayudar a estimular la capacidad de tolerar la fatiga muscular (Martorelli et al., 2017) en términos de mejorar la resistencia muscular; ya que el entrenamiento hasta el FM puede aumentar el estrés metabólico debido a la utilización prolongada de la energía proveniente del sistema glucolítico y los factores

asociados (Lasevicius et al., 2022). Y aunque muchos autores estén de acuerdo en ciertos puntos en cuanto a la utilización del fallo muscular, las posibles discrepancias que puedan llegar a existir entre los estudios podrían explicarse por los diferentes protocolos de entrenamiento utilizados y las diferentes poblaciones estudiadas (Martorelli et al., 2017).

En adultos mayores, los resultados de Da Silva et al. (2018) y en consonancia con los demás autores, sugieren que las repeticiones hasta el fallo muscular no proporcionan ganancias superiores de rendimiento neuromuscular e hipertrofia muscular y, de hecho, un bajo número de repeticiones en relación con el máximo posible optimiza el rendimiento neuromuscular en hombres de edad avanzada. Además, como se ha venido reiterando, el volumen de entrenamiento parece ser más importante para la hipertrofia muscular que el entrenamiento con repeticiones máximas (Da Silva et al., 2018).

Las Investigaciones previas han demostrado que el entrenamiento dirigido hacia el fallo muscular induce mayores niveles de fatiga en comparación con el entrenamiento sin este en las diferentes poblaciones intervenidas (Carroll et al., 2019); asimismo, la mayoría de los autores concuerdan en que la intensidad del entrenamiento (en este caso denominada carga o masa levantada) no parece ser una variable que influya en la hipertrofia cuando las repeticiones usan el FM; se dice que un mayor volumen de trabajo está fuertemente relacionado con las ganancias hipertróficas y que es más beneficioso, no llegar al fallo, sino mantenerse cerca de este, evitando así la fatiga excesiva muscular.

### Limitaciones

Una de las principales limitaciones de este estudio, es el enmascaramiento de los investigadores, ya que, por lo general, la fase de búsqueda y selección de estudios debe realizarse

al menos por dos investigadores independientes y de forma enmascarada para así evitar sesgos de evaluación. Es imprescindible realizar este enmascaramiento al momento de la selección de los estudios potencialmente relevantes, ya que podría ocurrir que alguno de los revisores tenga tendencia a favorecer o desfavorecer a ciertos autores (Manterola et al., 2013).

### Proyecciones futuras

Se sugiere que en próximos estudios se realice un debido enmascaramiento o cegamiento con más de dos autores para evitar cualquier tipo de conflicto de interés; asimismo, es fundamental que se amplíen las búsquedas en otro tipo de bases de datos para obtener resultados más contundentes.

### Aplicaciones prácticas

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede sugerir que, dentro de las sesiones de entrenamiento, en cada una de las series, sus repeticiones se dejen con cierto margen (de alrededor una a dos repeticiones) antes de llegar al fallo, para obtener los mismos beneficios en el aumento de la masa muscular. Además, como dato fundamental, el entrenamiento encaminado a la construcción del músculo debe programarse en base a variables como el

volumen de entrenamiento, ya que la literatura manifiesta, es uno de los factores que más marcan el desarrollo muscular. Se añade que, no es necesario descartar el fallo muscular por completo, sino que este debe ser suministrado en usuarios avanzados y con cierto nivel de entrenamiento y tolerancia a la fatiga, y este debe ser añadido en momentos puntuales de la programación de cara a potenciar el volumen de entrenamiento, ya que el fallo muscular puede llegar a incluir un mayor número de repeticiones totales en una sesión de ejercicios.

### CONCLUSIÓN

Finalmente se pudo determinar que el fallo muscular no genera ningún tipo de beneficio adicional en la hipertrofia, y además, se pueden obtener beneficios similares manteniendo un margen antes de llegar a este; por otro lado, se logró identificar que la variable volumen es incluso más importante en desarrollos hipertróficos, independientemente de si un ejercicio se ejecuta o no hacia el fallo muscular; asimismo, es más beneficioso para la hipertrofia cuando las repeticiones no se llevan a dicho fallo, ya que este puede llegar a generar una gran fatiga local o periférica, aumentar dicha fatiga innecesariamente, y en consecuencia reducir el rendimiento.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baz-Valle, E., Fontes-Villalba, M., & Santos-Concejero, J. (2018). Total number of sets as a training volume quantification method for muscle hypertrophy: a systematic review. *Journal Strength and Conditional Research*, 35(3), 870-878. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002776>

Carroll, K. M., Bazyler, C. D., Bernards, J. R., Taber, C. B., Stuart, C. A., DeWeese, B. H., & Stone, M. H. (2019). Skeletal Muscle Fiber Adaptations Following Resistance Training Using Repetition Maximums or Relative Intensity. *Sports*, 7(7), 169. <https://doi.org/10.3390/sports7070169>

- Da Silva, L.X., Teodoro, J.L., Menger, E., Lopez, P., Grazioli, R., Farinha, J., Moraes, K., Bottaro, M., Pinto, R.S., Izquierdo, M., & Cadore, E.L. (2018). Repetitions to failure versus not to failure during concurrent training in healthy elderly men: A randomized clinical trial. *Experimental Gerontology*, 108, 18-27. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.03.017>
- Damas, F., Phillips, S. M., Lixandrão, M. E., Vechin, F. C., Libardi, C. A., Roschel, H., Tricoli, V., & Ugrinowitsch, C. (2016). Early resistance training-induced increases in muscle cross-sectional area are concomitant with edema-induced muscle swelling. *European Journal of Applied Physiology*, 116, 49-56. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3243-4>
- Davies, T., Orr, R., Halaki, M., & Hackett, D. (2016). Effect of training leading to repetition failure on muscular strength: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 46(4), 487-502. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0451-3>
- DeFreitas, J. M., Beck, T. W., Stock, M. S., Dillon, M. A., & Kasishke, P. R. (2011). An examination of the time course of training-induced skeletal muscle hypertrophy. *European Journal of Applied Physiology*, 111, 2785–2790. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-1905-4>
- González-Badillo, J., & Ribas, J. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. INDE.
- Gorostiaga, E. M., Navarro-Amézqueta, I., Calbet, J. A., Hellsten, Y., Cusso, R., Guerrero, M., Granados, C., González-Izal, M., Ibañez, J., & Izquierdo, M. (2012) Energy metabolism during repeated sets of leg press exercise leading to failure or not. *PloS one*, 7(7), e40621. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0040621>
- Hernández-Sampieri, R., & Torres, C. P. M. (2018). *Metodología de la investigación* (Vol. 4). McGraw-Hill Interamericana.
- Higgins, J.P.T., & Green, S. (Eds.). (2012). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 5.1.0* [updated March 2011] (Centro Cochrane Iberoamericano, Trad.). The Cochrane Collaboration. (Obra original publicada en 2011). [https://es.cochrane.org/sites/es.cochrane.org/files/uploads/Manual\\_Cochrane\\_510\\_reduit.pdf](https://es.cochrane.org/sites/es.cochrane.org/files/uploads/Manual_Cochrane_510_reduit.pdf)
- Jenkins, N. D., Housh, T. J., Buckner, S. L., Bergstrom, H. C., Cochrane, K. C., Hill, E. C., Smith, C. M., Schmidt, R. J., Johnson, G. O., & Cramer, J.T. (2016). Neuromuscular adaptations After 2 and 4 weeks of 80% versus 30% 1 repetition maximum resistance training to failure. *Journal Strength and Conditional Research*, 30(8), 2174-2185. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000001308>
- Jenkins, N. D., Miramonti, A. A., Hill, E. C., Smith, C. M., Cochrane-Snyman, K. C., Housh, T. J., & Cramer, J. T. (2017). Greater neural adaptations following high-vs. low-load resistance training. *Frontiers in Physiology*, 8, 331. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00331>

- Lacerda, L.T., Marra-Lopes, R.O., Diniz, R. C., Lima, F. V., Rodrigues, S. A., Martins-Costa, H. C., Bemben, M. G., & Chagas, M. H. (2019). Is Performing Repetitions to Failure Less Important Than Volume for Muscle Hypertrophy and Strength? *Journal of Strength and conditional research. Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(5), 1237-1248. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003438>
- 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>
- Maher, C. G., Sherrington, C., Herbert, R. D., Moseley, A. M., & Elkins, M. (2003). Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Physical Therapy*, 83(8), 713-721. <https://doi.org/10.1093/ptj/83.8.713>
- Manterola, C., Astudillo, P., Arias, E., & Claros, N. (2013). Revisiones sistemáticas de la literatura. Qué se debe saber acerca de ellas. *Cirugía Española*, 91(3), 149-155. <https://doi.org/10.1016/j.ciresp.2011.07.009>
- Martorelli, S., Cadore, E. L., Izquierdo, M., Celes, R., Martorelli, A., Cleto, V. A., & Bottaro, M. (2017). Strength training with repetitions to failure does not provide additional strength and muscle hypertrophy gains in young women. *European Journal of Translational Myology*, 27(2), 6339. <https://doi.org/10.4081/ejtm.2017.6339>
- Mitchell, C. J., Churchward-Venne, T. A., West, D. W. D., Burd, N. A., Breen, L., Baker, S. K., & Phillips, S. M. (2012). Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. *Journal of Applied Physiology*, 113(1), 71–77. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00307.2012>
- Morton, R. W., McGlory, C., & Phillips, S. M. (2015). Nutritional interventions to augment resistance training-induced skeletal muscle hypertrophy. *Frontiers in Physiology*, 6, 245. <https://doi.org/10.3389/fphys.2015.00245>
- Morton, R. W., Oikawa, S. Y., Wavell, C. G., Mazara, N., McGlory, C., Quadriatero, J., Baechler, B.L., & Baker, S.K., & Phillips, S. M. (2016). Neither load nor systemic hormones determine resistance training-mediated hypertrophy or strength gains in resistance-trained young men. *Journal of Applied Physiology*, 121(1), 129-138. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00154.2016>
- Ogasawara, R., Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., & Abe, T. (2013). Low-load bench press training to fatigue results in muscle hypertrophy similar to high-load bench press training. *International. Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 4(2), 114-121. <https://doi.org/10.4236/ijcm.2013.42022>
- Raya-González, J., & Sánchez, M. A. M. (2019). Métodos de entrenamiento y aspectos nutricionales para el aumento de la masa muscular: una revisión sistemática. *Archivos de Medicina del Deporte*, 36(194), 376-385. [https://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/rev02\\_raya.pdf](https://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/rev02_raya.pdf)



- Rooney, K. J., Herbert, R. D., & Balnave, R. J. (1994). Fatigue contributes to the strength training stimulus. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 26(9), 1160-1164. <https://doi.org/10.1249/00005768-199409000-00014>
- 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. (2013). Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. *Sports Medicine*, 43(3), 179-194. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0017-1>
- Schoenfeld, B. J. (2020). *Science and development of muscle hypertrophy*. Human Kinetics.
- Schoenfeld, B. J., Ratamess, N. A., Peterson, M. D., Contreras, B., Sonmez, G. T., & Alvar, B. A. (2014). Effects of Different Volume-Equated Resistance Training Loading Strategies on Muscular Adaptations in Well-Trained Men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(10), 2909–2918. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000480>
- Schoenfeld, B. J., Peterson, M. D., Ogborn, D., Contreras, B., & Sonmez, G. T. (2015). Effects of low- versus high-load resistance training on muscle strength and hypertrophy in well-trained men. *Journal Strength and Conditional Research*, 29(10), 2954–2963. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000958>
- Schoenfeld, B. J., Grgic, J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2017). Strength and Hypertrophy Adaptations Between Low- vs. High-Load Resistance Training: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(12), 3508-3523. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000002200>
- Schoenfeld, B. J., Contreras, B., Krieger, J., Grgic, J., Delcastillo, K., Belliard, R., & Alto, A. (2019). Resistance training volume enhances muscle hypertrophy but not strength in trained men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(1), 94-103. <https://doi.org/10.1249/MSS.00000000000001764>
- Schoenfeld, B. J., & Grgic, J. (2019). Does training to failure maximize muscle hypertrophy? *Strength & Conditioning Journal*, 41(5), 108-113. <https://doi.org/10.1519/SSC.00000000000000473>
- Seynnes, O. R., de Boer, M., & Narici, M. V. (2007). Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 102(1), 368–373. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00789.2006>
- Tatsumi, R., Hattori, A., Ikeuchi, Y., Anderson, J. E., & Allen, R. E. (2002). Release of hepatocyte growth factor from mechanically stretched skeletal muscle satellite cells and role of pH and nitric oxide. *Molecular Biology of the Cell*, 13(8), 2909-2918. <https://doi.org/10.1091/mbc.e02-01-0062>

- Trindade, T. B., Prestes, J., Neto, L. O., Medeiros, R. M. V., Tibana, R. A., de Sousa, N. M. F., Santana, E. E., Cabral, B. G. D. A. T., Stone, W. J., & Dantas, P. M. S. (2019). Effects of Pre-exhaustion Versus Traditional Resistance Training on Training Volume, Maximal Strength, and Quadriceps Hypertrophy. *Frontiers in Physiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01424>
- Urrútia, G., & Bonfill, X. (2010). Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Medicina Clínica*, 135(11), 507-511. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2010.01.015>
- Vidal Ledo, M., Oramas Díaz, J., & Borroto Cruz, R. (2015). Revisiones sistemáticas. *Educación Médica Superior*, 29(1), 198-207. <http://www.ems.sld.cu/index.php/ems/article/view/476/240>
- Willardson, J. (2007) The application of training to failure in periodized multiple-set resistance exercise programs. *Journal Strength and Conditional Research*, 21(2), 628-631. [https://journals.lww.com/nsca-jscr/Abstract/2007/05000/THE\\_APPLICATION\\_OF\\_TRAINING\\_TO\\_FAILURE\\_IN.58.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/Abstract/2007/05000/THE_APPLICATION_OF_TRAINING_TO_FAILURE_IN.58.aspx)
- Willardson, J., Norton, L., & Wilson, G. (2010) Training to Failure and Beyond in Mainstream Resistance Exercise Programs. *Journal Strength and Conditional Research*, 32(3), 21-29. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3181cc2a3a>

#### Dirección para correspondencia

Andrés Mauricio Ariza Viviescas  
Profesional en Cultura Física, Deporte y Recreación.  
Universidad de Santo Tomás.  
Bucaramanga, Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3157-9575>

Contacto:

[andrecio1@hotmail.com](mailto:andrecio1@hotmail.com)

Recibido: 09-07-2021

Aceptado: 12-04-2022



Esta obra está bajo una Licencia de Creative Commons