

MHSalud

Revista en Ciencias del Movimiento Humano y Salud

Doi <https://doi.org/10.15359/mhs.21-1.16859>





Efectos del entrenamiento *cluster* sobre la hipertrofia muscular: Una revisión sistemática

Effects of Cluster Training
on Muscle Hypertrophy: A
Systematic Review

Efeitos do Treinamento em
Cluster na Hipertrofia Muscular:
Uma Revisão Sistemática

**Miguel Alarcón-Rivera¹, Luis Benavides-Roca², Cristian Salazar Orellana³,
Eduardo Guzmán-Muñoz⁴**

Recibido: 12/5/2022 - Aceptado: 3/4/2023

- 1  [0000-0001-8341-5567](https://orcid.org/0000-0001-8341-5567) Escuela de Ciencias del Deporte y Actividad Física, Facultad de Salud, Universidad Santo Tomás, Talca, Chile. Facultad de Medicina, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile. mrivera3@santotomas.cl
- 2  [0000-0002-0995-2564](https://orcid.org/0000-0002-0995-2564) Escuela de Ciencias del Deporte y Actividad Física, Facultad de Salud, Universidad Santo Tomás, Talca, Chile. ibenavides@santotomas.cl
- 3  [0000-0002-3431-3203](https://orcid.org/0000-0002-3431-3203) Escuela de Ciencias del Deporte y Actividad Física, Facultad de Salud, Universidad Santo Tomás, Talca, Chile. cristiansalazaror@santotomas.cl
- 4  [0000-0001-7001-9004](https://orcid.org/0000-0001-7001-9004) Escuela de Kinesiología, Facultad de Salud, Universidad Santo Tomás, Talca, Chile. Escuela de Pedagogía en Educación Física, Facultad de Educación, Universidad Autónoma de Chile, Talca, Chile. eguzmanm@santotomas.cl. Autor de correspondencia



RESUMEN

Objetivo: El objetivo de la presente revisión sistemática fue determinar los efectos del entrenamiento *cluster* sobre la hipertrofia muscular.

Metodología: Se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos electrónicas Pubmed, Scopus y Web of Science, utilizando las siguientes palabras clave: “*cluster training*”, “*rest interval*”, “*rest pause*”, “*hypertrophy*”, “*resistance training*” y “*cross sectional area*”. Se incluyeron ensayos clínicos que utilizaron el entrenamiento *cluster* como intervención en personas mayores de 18 años de ambos sexos.

Resultados: La revisión sistemática obtenida durante la búsqueda de las bases de datos consultadas arrojó un total de 23 artículos, potencialmente elegibles, de los cuales se tomó una muestra de 9, con los que se podían obtener resultados que respondían al objetivo de esta revisión. La cantidad de participantes de los 9 artículos elegibles fue de 172 sujetos. Los entrenamientos *cluster* permiten aumentar el volumen de entrenamiento y la intensidad sin provocar elevados niveles de fatiga, favoreciendo así el desarrollo de la hipertrofia muscular.

Conclusiones: Los resultados de esta revisión sistemática sugieren que los entrenamientos *cluster* pueden ser una herramienta eficaz para el desarrollo de la hipertrofia muscular.

Palabras clave: Ejercicio físico, entrenamiento de fuerza, hipertrofia, Tensión mecánica, Composición corporal, Fitness

ABSTRACT

Objective: The aim of this systematic review was to determine the effects of cluster training on muscle hypertrophy.

Methodology: A literature search was performed in the electronic databases Pubmed, Scopus and Web of Science, using the following keywords: “*cluster training*”, “*rest interval*”, “*rest pause*”, “*hypertrophy*”, “*resistance training*” and “*cross sectional area*”. We included clinical trials that used cluster training as an intervention in people over 18 years of age of both sexes.

Results: The systematic review obtained during the search of the databases consulted yielded a total of 23 potentially eligible articles, of which a sample of 9 was taken from which results could be obtained that responded to the objective of this review. The number of participants from the 9 eligible articles was 172 subjects. Cluster workouts allow for increased training volume and intensity without causing high levels of fatigue, thus favoring the development of muscle hypertrophy.

Conclusions: The results of this systematic review suggest that cluster training can be an effective tool for the development of muscle hypertrophy.

Keywords: Hypertrophy, resistance training, exercise, Mechanical tension, Body composition, Fitness.

RESUMO

Objetivo: O objetivo desta revisão sistemática foi determinar os efeitos do treinamento em cluster na hipertrofia muscular.

Metodologia: Realizou-se uma busca na literatura nas bases de dados eletrônicas Pubmed, Scopus e Web of Science, utilizando as seguintes palavras-chave: “*cluster training*”, “*rest interval*”, “*rest pause*”, “*hypertrophy*”, “*resistance training*” e “*cross sectional area*”. Foram incluídos ensaios clínicos que utilizaram o treinamento em cluster como intervenção em pessoas com mais de 18 anos de ambos os sexos.

Resultados: A revisão sistemática realizada durante a busca nas bases de dados consultadas resultou em um total de 23 artigos potencialmente elegíveis, dos quais uma amostra de 9 foi selecionada para obter resultados que respondessem ao objetivo desta revisão. O número de participantes nos 9 artigos elegíveis foi de 172 indivíduos. Os treinos em cluster permitem um aumento no volume e na intensidade do treinamento sem causar altos níveis de fadiga, favorecendo assim o desenvolvimento da hipertrofia muscular.

Conclusões: Os resultados desta revisão sistemática sugerem que o treinamento em cluster pode ser uma ferramenta eficaz para o desenvolvimento da hipertrofia muscular.

Palavras-chave: Hipertrofia, treinamento de resistência, exercício, Stress mecânico, Composição corporal, Aptidão física.

Introducción

La hipertrofia muscular se define como el aumento de los elementos contráctiles y no contráctiles de la célula, lo cual tiene como consecuencia el crecimiento del área de sección transversal (AST) del músculo esquelético (Ahtiainen *et al.*, 2003; Schoenfeld, 2010). Se ha descrito que los cambios provocados por la hipertrofia en el nivel celular pueden ocurrir tanto en el sarcómero como en el sarcoplasma (Chicharro y Vaquero, 2022). La hipertrofia sarcomérica se refiere al aumento de las miofibrillas y sus proteínas actina y miosina que componen la fibra muscular, mientras que la hipertrofia sarcoplásmica hace alusión a los elementos no contráctiles que forman parte del espacio miofibrilar (plasma y organelos) (Chicharro y Vaquero, 2022; Schoenfeld y Grgic, 2019). Si bien, se ha demostrado que la producción de fuerza se encuentra estrechamente ligada al tamaño del músculo esquelético (Monti *et al.* 2021), las primeras adaptaciones durante un entrenamiento de fuerza son de carácter neurales y, posteriormente, ocurren estas adaptaciones sarcoméricas y sarcoplasmáticas (Siddique *et al.*, 2020). Por ende, las adaptaciones relacionadas a los tipos de hipertrofia muscular son independientes del tipo de estímulo, entendiendo que el entrenamiento es un proceso sistemático que sufre diversas adaptaciones.

Se distinguen dos grandes factores que inducen la hipertrofia muscular: tensión mecánica y estrés metabólico (Schoenfeld, 2010). La tensión mecánica hace referencia a la propia capacidad contráctil del músculo esquelético ante una magnitud de la carga produciendo, por consecuencia, una mecano-traducción celular, aumento de la producción local de hormonas e incremento de reclutamiento de fibras de contratación rápida y especies reactivas de oxígeno (Pearson y Hussain, 2015; Schoenfeld, 2010). Por otro lado, el estrés metabólico, es la producción de metabólicos (Lactato, fosfato inorgánico (Pi) e iones de hidrógeno (H⁺), como consecuencia de las contracciones musculares en estado de hipoxia (De Freitas *et al.*, 2017; Pearson y Hussain 2014; Schoenfeld, 2010), teniendo como resultado el daño muscular (Owens *et al.*, 2017; Schoenfeld, 2010). Estos factores, en conjunto con la nutrición y el descanso, son las variables más importantes en la búsqueda de obtener ganancias de masa muscular (Owens *et al.*, 2019; Stokes *et al.*, 2018).

El método tradicional para periodizar el entrenamiento de fuerza se fundamenta en la dosificación de cargas a partir de series y repeticiones donde, entre cada serie, se incluye un periodo de descanso. En los últimos años han surgido otras formas de dosificar el entrenamiento de fuerza, entre los que se destaca el método *cluster* o por

conglomerados. El método de entrenamiento *cluster* consiste en agrupar miniseries de 1 hasta 6 repeticiones, con micropausas que fluctúan entre 20 a 60 segundos (Tufano et al., 2017). De esta manera, cada serie estaría compuesta por miniseries con micropausas, y entre cada serie también habría un periodo de descanso similar al de un entrenamiento de fuerza convencional. Esta modalidad de entrenamiento se originó como herramienta en la búsqueda de mejorar variables relacionadas con diferentes expresiones de fuerza, tales como la fuerza máxima y la potencia (Haff et al., 2008; Tufano et al., 2017).

La evidencia científica ha demostrado que el volumen de entrenamiento es el componente de mayor relevancia para el progreso a mediano y largo plazo en el aumento de la masa muscular (Baz-Valle et al., 2021; Figueiredo et al., 2018). Sin embargo, se postula que existe un límite de tolerancia al volumen de entrenamiento, lo cual, de sobrepasarse, podría generar efectos adversos sobre las adaptaciones relacionadas con la hipertrofia muscular (Schoenfeld et al., 2017a). Como respuesta a esto, el entrenamiento *cluster* plantea la posibilidad de acumular un mayor volumen total de trabajo con una mayor intensidad. Si bien existen investigaciones que han estudiado los efectos del entrenamiento *cluster* sobre la hipertrofia muscular, existe poca claridad en cuanto a los parámetros de entrenamiento y resultados que integren y sintetizen la evidencia existente. Por lo tanto, es relevante llevar a cabo una revisión sistemática para evaluar la efectividad de este enfoque de entrenamiento sobre la hipertrofia muscular y su comparación con enfoques tradicionales. Esto podría ayudar a entrenadores y atletas a tomar decisiones informadas sobre qué método de entrenamiento es más efectivo para mejorar la hipertrofia muscular. Debido a esto, el objetivo principal de la presente revisión sistemática fue determinar los efectos del entrenamiento *cluster* sobre la hipertrofia muscular, mientras que, como objetivos secundarios, se plantea describir la dosificación del entrenamiento *cluster* e identificar sus efectos en otras variables de rendimiento.

Metodología

Criterios de elegibilidad

Los criterios de inclusión para esta revisión sistemática fueron: i) Ensayos controlados aleatorios (ECA) y ii) ensayos clínicos cuasiexperimentales que utilicen el entrenamiento *cluster* como intervención en personas mayores de 18 años de ambos sexos. Por otro lado, se excluyeron los registros: i) estudios transversales, retrospectivos,

prospectivos, o cuyas intervenciones no estuvieran centradas en el entrenamiento *cluster*; ii) artículos no originales (p. ej., cartas al editor, traducciones, notas, reseñas de libros); iii) artículos duplicados; iv) artículos de revisión (p. ej., metaanálisis, revisiones sistemáticas, revisiones narrativas) y v) estudios de casos. Además, se siguió la estructura metodológica de: población, intervención, comparador, resultados y diseño de estudio (PICO) para incorporar los estudios a la revisión sistemática.

Proceso de búsqueda de información y bases de datos

Se llevó a cabo una búsqueda de literatura científica en las siguientes bases de datos: Pubmed, Scopus y Web of Science. Para realizar la búsqueda se usaron combinaciones con los términos booleanos AND/OR de las siguientes palabras clave: “cluster training”, “rest interval”, “rest pause”, “hypertrophy”, “resistance training” y “cross sectional area”.

Proceso de selección de estudios y recogida de datos

Los estudios se exportaron al administrador de referencias EndNote (versión X8.2, Clarivate Analytics, Filadelfia, PA, EE. UU.). Dos autores (MA-R y EG-M) buscaron de forma independiente, eliminaron los duplicados, revisaron los títulos y los resúmenes y analizaron los textos completos. No se encontraron discrepancias en esta etapa. El proceso se repitió para las búsquedas dentro de las listas de referencias y sugerencias proporcionadas por expertos externos. Posteriormente, los estudios, potencialmente elegibles, se revisaron en texto completo y se informaron las razones para excluir aquellos que no cumplieron con los criterios de selección.

Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo

Los estudios seleccionados fueron evaluados a través de la escala PEDro. Esta escala evalúa la calidad metodológica de la investigación, considerando 11 puntos que incluye el procedimiento de cegamiento, análisis estadístico, información sobre la aleatorización y la presentación de los resultados en la investigación evaluada. El criterio 1 evalúa la validez externa y no se incluye en el resultado final. Del criterio 2 al 11, la validez interna del artículo se evalúa con un sistema de puntuación estandarizado (rango de 0 a 10). La calidad del estudio se clasificó como excelente (9-10 puntos), alta (6-8 puntos), moderada (5 puntos) y baja (≤ 4 puntos) (Maher *et al.*, 2003). Este proceso fue realizado de forma independiente por dos autores (CZO y EG-M).

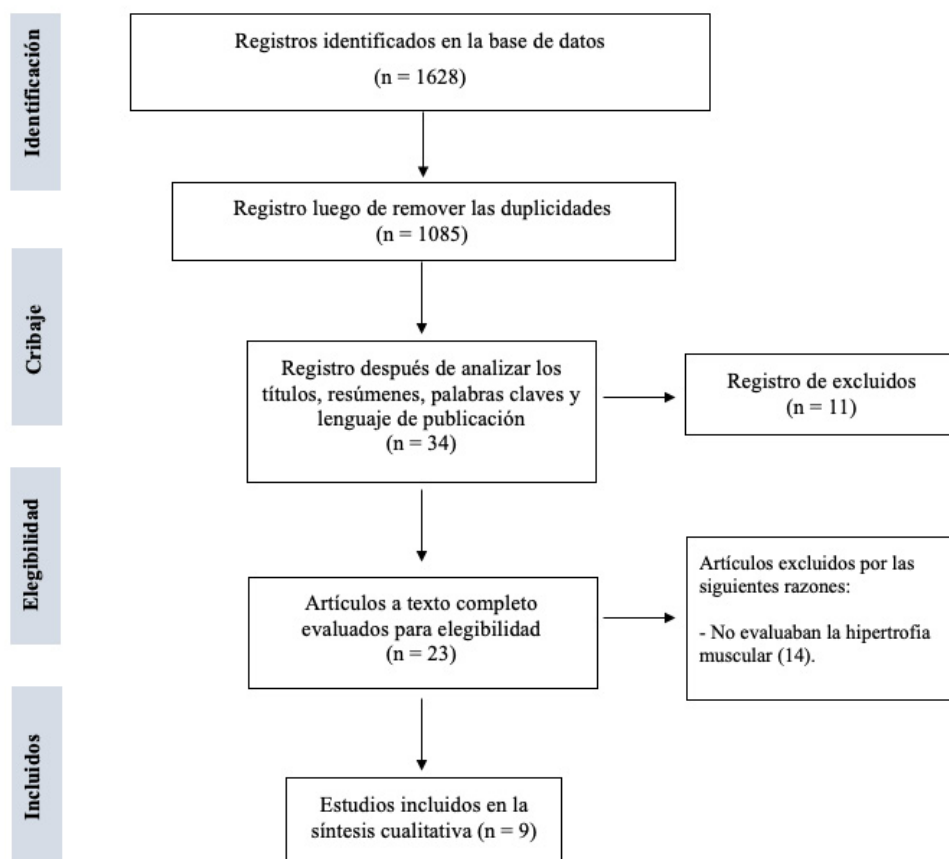
Dos investigadores independientes (CZO y EG-M) evaluaron el riesgo de sesgo de los ensayos incluidos mediante el *software* Review Manager 5.3 (Colaboración Cochrane, Reino Unido), y los desacuerdos, con respecto a la calidad metodológica, se resolvieron

mediante discusión. La evaluación de la calidad se realizó de acuerdo con los criterios Cochrane, incluidos el sesgo de selección, sesgo de realización, sesgo de detección, sesgo de exclusión, sesgo de informe y otros posibles sesgos, que se clasificaron en 3 grados: bajo riesgo, alto riesgo y algunas preocupaciones.

Resultados

La revisión exhaustiva de la literatura obtenida durante la búsqueda de las bases de datos consultadas, arrojó un total de 23 artículos potencialmente elegibles, de los cuales se tomó una muestra de 9, a partir de los cuales se podían obtener resultados que respondieran al objetivo de esta revisión (Figura 1). En cuanto al diseño de los estudios, todos corresponden a ensayos controlados aleatorizados.

Figura 1
Diagrama de flujo de la selección de los estudios incluidos



Los 9 estudios seleccionados se analizaron mediante la escala PEDro (Tabla 1). Todos los estudios alcanzaron una puntuación igual o superior a 4 puntos en la escala. De ellos, se clasificó un estudio con calidad metodológica baja, cinco con calidad metodológica moderada y tres estudios con calidad metodológica alta. No se encontraron estudios con excelente calidad metodológica. Los detalles sobre los riesgos de sesgo de los estudios incluidos se muestran en la Figura 2. Todos los estudios presentaron algunas preocupaciones en el riesgo de sesgo general, principalmente debido al no reporte del enmascaramiento de los participantes y la falta de cegamiento de los tratantes, evaluadores y participantes de los estudios. También, un factor influyente en el sesgo obtenido fue la ausencia de información respecto a la planificación del estudio (por ejemplo, inscripción del protocolo de intervención en *clinical trials*). El resumen de los hallazgos encontrados en los artículos analizados se resume en la Tabla 2.

Tabla 1
 Escala de PEDro para la valoración metodológica de los estudios incluidos

Estudio	Criterios											Total
	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Oliver <i>et al.</i> , (2013)	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/10
Iglesias-Soler <i>et al.</i> , (2015)	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	5/10
Prestes, <i>et al.</i> , (2017)	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	5/10
Carneiro, <i>et al.</i> , (2019)	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/10
Carneiro, <i>et al.</i> , (2020)	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	5/10
Moro <i>et al.</i> , (2020)	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	5/10
Vargas <i>et al.</i> , (2020)	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	5/10
Arazi <i>et al.</i> , (2021)	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/10
Zaras <i>et al.</i> , (2021)	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	4/10

*Criterio no considerado en puntaje total



Figura 2
Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios incluidos

Autor	D1	D2	D3	D4	D5	General	
Oliver et al., (2013)	!	!	+	+	!	!	+
Iglesias-Soler et al., (2015)	!	!	+	+	!	!	!
Prestes et al. (2017)	!	+	+	+	!	!	-
Carneiro et al. (2019)	!	!	+	+	!	!	
Carneiro et al. (2020)	!	!	+	+	!	!	D1
Moro et al. (2020)	!	!	+	+	!	!	D2
Vargas et al. (2020)	!	!	+	+	!	!	D3
Arazi et al. (2021)	!	!	+	+	!	!	D4
Zaras et al. (2021)	!	!	+	+	!	!	D5

Tabla 2
Resumen de los hallazgos reportados en los estudios incluidos

Autor	Muestra	Edad	Experiencia previa entrenamiento	Intervención	Resultados
Oliver <i>et al.</i> (2013)	22 hombres divididos en dos grupos (<i>cluster</i> y tradicional, no informan de los grupos)	20 a 35 años	2 años	12 semanas (4 sesiones semanales) Grupo <i>cluster</i> : 8x5 reps. 65 %-75 % RM, 60" descanso entre series. Grupo tradicional: 4x10 reps 65 %-75 % RM, 120" descanso entre series.	<ul style="list-style-type: none"> Masa magra en grupo <i>cluster</i> y tradicional, pero no estadísticamente significativo. Sin diferencias significativas entre grupos.
Iglesias-Soler <i>et al.</i> (2016)	6 mujeres y 7 hombres divididos en dos grupos (<i>cluster</i> y tradicional, no informan de los grupos)	22,5 años	6 meses	7 semanas (2 sesiones semanales) Grupo <i>cluster</i> : 1x 32 reps 10RM, 17,4" pausa entre reps. Grupo tradicional: 4x8 10RM, 180" pausa entre series.	<ul style="list-style-type: none"> Significativos en perímetros muslo para grupo <i>cluster</i> y tradicional. Sin diferencias significativas entre grupos.
Prestes <i>et al.</i> (2019)	14 hombres 4 mujeres, divididos en dos grupos (<i>cluster</i> =9; tradicional=9)	30,3 años	1 año	6 semanas (2 sesiones semanales) Grupo <i>cluster</i> : 1x Máximas reps + micro series hasta completar 18 reps totales. Grupo tradicional: 3x6 80 % RM, con 120"- 180" descanso entre series.	<ul style="list-style-type: none"> Significativo en la hipertrofia muscular para grupo <i>cluster</i> y tradicional. Sin diferencias significativas entre grupos.
Carneiro <i>et al.</i> (2019)	14 mujeres realizaron un protocolo para cada pierna (<i>cluster</i> fuerza=14; <i>cluster</i> potencia=14)	64,9 años	Desentrenadas	8 semanas (2 sesiones semanales) Grupo <i>cluster</i> fuerza: 3x4 reps 90 % RM, con 30" descanso entre reps y 90" entre series. Grupo <i>cluster</i> potencia: 3x4 reps 40 % RM, con 30" descanso entre reps y 90" entre series.	<ul style="list-style-type: none"> Significativo del AST para grupo <i>cluster</i> y tradicional. Sin diferencias significativas entre grupos.



Carneiro <i>et al.</i> (2020)	16 mujeres realizaron un protocolo para cada pierna (<i>cluster</i> =16 tradicional=15)	52 a 74 años	Desentrenadas	10 semanas (2 sesiones semanales) Grupo <i>cluster</i> : 3x4 reps 90 % RM, con 30" descanso entre reps y 90" entre series. Grupo tradicional: 3x4 reps 90 % RM, 90" entre series.	• Significativos en AST para grupo <i>cluster</i> y tradicional. Sin diferencias significativas entre grupos.
Moro <i>et al.</i> (2020)	20 hombres divididos en dos grupos (<i>cluster</i> =11; tradicional=9)	22,1 años	Fuerza recreacional	10 semanas (3 sesiones semanales) Grupo <i>cluster</i> : 2x 6 reps +2 +2 al fallo muscular 20" descanso entre microseries y 150" descanso entre series. Grupo tradicional: 3x15 reps 60 % RM 90" entre series.	• Significativos en masa muscular para grupo <i>cluster</i> y tradicional. Sin diferencias significativas entre grupos
Vargas-Molina <i>et al.</i> (2020)	29 hombres divididos en cuatro grupos (<i>cluster</i> 1=8; <i>cluster</i> 2=7; <i>cluster</i> 3=7; control=7)	18 a 35 años	2 años	8 semanas (2 sesiones semanales) <i>Cluster</i> 1: 3x12 con 20" pausa cada 4 reps. <i>Cluster</i> 2: 3x12 con 40" pausa cada 4 reps. <i>Cluster</i> 3: 3x12 con 20" pausa cada 6 reps. Control: sin intervención.	• Significativos en la masa libre de grasa solo en grupos <i>cluster</i> . Diferencias significativas a favor de grupos <i>cluster</i> por sobre grupo control
Arazi <i>et al.</i> (2021)	24 hombres divididos en tres grupos (<i>cluster</i> =8; tradicional=8; control=8)	No declarada edad de participantes	No declara experiencia previa de muestra	8 semanas (2 sesiones semanales) Grupo <i>cluster</i> : 4 - 6 x2 a 5 reps según serie y semana. Grupo tradicional: 1x4 a 10 reps según serie y semana.	• Significativos en perímetros de brazo y muslo grupo <i>cluster</i> y tradicional. Sin diferencias significativas entre grupos.
Zaras <i>et al.</i> (2021)	16 hombres <i>cluster</i> = 8 Tradicional= 8.	20 y 30 años	No declara experiencia previa de muestra	7 semanas (2 sesiones semanales) Grupo <i>cluster</i> : 4x6 85 % RM + 4 microseries al fallo muscular con 20 segundos de descanso, 3 minutos de descanso entre series. Grupo tradicional: 4x6 85 % RM con 3 minutos descanso.	• significativos en AST en grupo <i>cluster</i> y tradicional. Sin diferencias significativas entre grupos

Discusión

Efectos del entrenamiento *cluster* sobre la hipertrofia muscular

De los nueve estudios que utilizaron el entrenamiento *cluster* como intervención, 8 de ellos tuvieron como grupo control a sujetos que recibieron un entrenamiento tradicional de fuerza (Arazi *et al.*, 2021; Carneiro *et al.*, 2019; Carneiro *et al.*, 2020; Iglesias-Soler *et al.*, 2016; Moro *et al.*, 2020; Oliver *et al.*, 2013; Prestes *et al.*, 2019; Zaras *et al.*, 2021). A diferencia de estos, en el trabajo de investigación llevado a cabo por Vargas-Molina *et al.*, (2020), el grupo control no recibió ningún tipo de entrenamiento.

Los resultados de estas investigaciones fueron heterogéneos. Cinco estudios reportaron aumentos significativos de la masa muscular, tanto para los grupos *cluster* como para los grupos de entrenamiento tradicional (Arazi *et al.*, 2021; Carneiro *et al.*, 2019; Carneiro *et al.*, 2020; Moro *et al.*, 2020; Zaras *et al.*, 2021). Otros tres estudios mostraron tendencias poco significativas hacia ganancias de masa muscular con el entrenamiento *cluster* (Iglesias-Soler *et al.*, 2016; Oliver *et al.*, 2013; Prestes *et al.*, 2019). Por último, el estudio de Vargas-Molina *et al.* (2020), demostró aumentos significativos de la masa muscular solo para el grupo *cluster* en comparación con el grupo control.

En relación con las mejoras producidas por el entrenamiento *cluster*, el protocolo aplicado por Arazi *et al.* (2021) reportó un aumento de la masa muscular de 3,48 %, mientras que la intervención de Carneiro *et al.* (2019) y Carneiro *et al.* (2020) muestran un aumento de masa muscular de un 7 %. Para Moro *et al.* (2020) y Iglesias *et al.* (2016), los cambios vistos tras el entrenamiento *cluster* fueron de un 2,82 % y 2,92 %, respectivamente. Asimismo, Oliver *et al.* (2013) y Prestes *et al.* (2019) observaron aumentos de la masa muscular de 1,43 % y 1,58 %, respectivamente, siendo las más bajas reportadas en esta revisión. Un resultado interesante es el reportado por Vargas-Molina *et al.* (2020), quienes probaron 3 tipos de *cluster* (*cluster* 1: 3x12 con 20" pausa cada 4 reps; *cluster* 2: 3x12 con 40" pausa cada 4 reps; *cluster* 3: 3x12 con 20" pausa cada 6 reps), donde el protocolo *cluster* 1 obtuvo un 3 % de mejora, a diferencia de *cluster* 2 y *cluster* 3 que obtuvieron 1,95 % y 1,93 %, respectivamente. Por último, el cambio declarado por Zaras *et al.* (2021) fue de 14,3 %, siendo el más elevado del total de los estudios analizados.

Procedimientos para evaluar la ganancia de masa muscular

Para analizar los efectos del entrenamiento *cluster* sobre la hipertrofia muscular se han utilizado métodos indirectos y doblemente indirectos para la estimación de la masa muscular. Entre los métodos indirectos, la absorciometría de rayos X de energía

dual (DEXA) (Oliver *et al.*, 2013; Vargas-Molina *et al.*, 2020) y la tomografía computarizada cuantitativa periférica (TCCP) (Moro *et al.*, 2020) han sido utilizadas para estimar los cambios sobre la masa muscular. Asimismo, la medición del AST con ultrasonografía también ha sido incluida dentro de las mediciones que analizaron cambios en la masa muscular, luego de intervención con entrenamiento tipo *cluster* (Zaras *et al.*, 2021; Prestes *et al.*, 2019). Entre los métodos, doblemente indirectos, se utilizó la evaluación de perímetros de extremidades de muslo (Iglesias-Soler *et al.*, 2016; Arazi *et al.*, 2021) y brazo (Arazi *et al.*, 2021). En esta misma línea, las ecuaciones, a partir de variables antropométricas para obtener el AST, también han sido consideradas dentro los estudios (Carneiro *et al.*, 2019; Carneiro *et al.*, 2020).

La evidencia científica muestra una tendencia a la precisión en pruebas indirectas como AST con ultrasonografía, TCCP y DEXA, por el bajo margen de error que estas presentan (Ackland *et al.*, 2012; Fosbøl y Zerahn, 2015). Si bien, la antropometría es un método doblemente indirecto y, por lo tanto, menos preciso que los anteriores, ha demostrado tener buena fiabilidad, con la ventaja de ser un método clínico accesible y de bajo costo para la determinación de la composición corporal (Costa Moreira *et al.*, 2015).

Volumen de entrenamiento

El volumen de entrenamiento se considera esencial para obtener ganancias de masa muscular (Baz-Valle *et al.*, 2021). Existen distintas formas de cuantificar el volumen de entrenamiento y entre las más utilizadas se encuentran el producto de: series x repeticiones, series x repeticiones x carga externa y series x repeticiones x %RM (porcentaje de la repetición máxima) (Nunes *et al.*, 2021). Las series efectivas cercanas al fallo muscular también son un método eficaz para controlar el volumen de entrenamiento, estas se catalogan como la serie de entrenamiento en la cual el sujeto ronda el fracaso o, dicho de otro modo, se aproxima a la posibilidad de no seguir realizando repeticiones (Grgic *et al.*, 2022), y la evidencia científica sugiere que existe una relación de dosis-respuesta óptima de este componente (Baz-Valle *et al.*, 2021; Schoenfeld *et al.*, 2017a). En la mayoría de los estudios que analizan el efecto del entrenamiento *cluster* sobre la hipertrofia muscular, se igualó el volumen de trabajo con el grupo control (entrenamiento de fuerza tradicional) a través del método series x repeticiones x %RM (Arazi *et al.*, 2021; Iglesias-Soler *et al.*, 2016; Oliver *et al.*, 2013; Prestes *et al.*, 2019; Zaras *et al.*, 2021). En el caso del estudio de Vargas-Molina *et al.* (2020), el volumen de trabajo fue igualado con el método series x repeticiones x carga. En las investigaciones llevadas a cabo por Carneiro *et al.*, (2019), Carneiro *et al.*, (2020), y Moro *et al.*, (2020), no se utilizó la estrategia de igualar el volumen de entrenamiento con el grupo control.

En los estudios analizados el volumen de series trabajadas iba desde 1 serie a 8 series por grupo muscular o ejercicio realizado. En la Tabla 1 se detalla el volumen de trabajo utilizados en las intervenciones tipo *cluster*.

Intensidad del entrenamiento

Las recomendaciones generales para el trabajo de fuerza e hipertrofia muscular rondan entre el 65 % al 85 % de la 1RM ([American College of Sports Medicine, 2009](#)), aunque se ha demostrado que, tanto intensidades moderadas a bajas (<60 % 1RM), como intensidades altas (>80 % RM), son eficaces para influir sobre la hipertrofia, siempre y cuando, las series sean programadas cercanas al fallo muscular ([Lasevicius et al., 2018](#); [Ogasawara et al., 2013](#); [Schoenfeld, 2017b](#)).

[Arazi et al. \(2021\)](#) ocuparon un rango de intensidad del 65 % al 95 % de la 1RM para ambos grupos, (*cluster* y entrenamiento de fuerza tradicional), durante su intervención. Por su parte, [Carneiro et al. \(2019\)](#) implementaron dos tipos de *cluster* en grupos distintos de participantes, ocupando el 40 % de la 1RM para el grupo *cluster* de potencia y el 90 % de la 1RM para el grupo *cluster* de fuerza. [Carneiro et al. \(2020\)](#) utilizaron una intensidad equivalente al 90 % de la 1RM para ambos grupos, *cluster* y entrenamiento tradicional (grupo control). [Iglesias-Soler et al. \(2016\)](#), en cambio, ocuparon una intensidad correspondiente a 10RM (75 % 1RM) para ambos grupos (*cluster* y entrenamiento de fuerza tradicional). En otro estudio, [Moro et al. \(2020\)](#), utilizaron una intensidad de 15RM (60 % 1RM) para el grupo de entrenamiento tradicional y de 6RM (80 % 1RM) más 2 series de 2 a 3 repeticiones llevadas al fallo muscular para el grupo *cluster*. [Oliver et al. \(2013\)](#), utilizaron una intensidad progresivamente creciente por semana, comenzando en 65 % y hasta alcanzar un valor de 75 % de la 1RM. Para luego reducirla a un 60 % del 1RM durante las semanas de descarga. [Prestes et al. \(2019\)](#) utilizaron una carga externa equivalente al 80 % del 1RM para ambos grupos (*cluster* y entrenamiento de fuerza tradicional). [Vargas-Molina et al. \(2020\)](#), utilizaron 3 grupos de intervención con distintas intensidades: 3RM para grupo *cluster* 1 y 2 los cuales se diferenciaban en los tiempos de descanso, y 6RM para grupo *cluster* 3. [Zaras et al. \(2021\)](#) utilizaron para ambos grupos el 85 % de la 1RM (protocolo *cluster* y entrenamiento de fuerza tradicional).

Beneficios del entrenamiento *cluster* sobre otras variables

Las investigaciones sobre el entrenamiento *cluster*, además de analizar los efectos sobre la hipertrofia, se han ampliado para intentar conocer sobre los posibles cambios en la potencia y la fuerza muscular. En este contexto, en el estudio de [Hansen et al., \(2011a\)](#) se realizó una intervención con el objetivo de comparar el desempeño

de variables de fuerza de un protocolo tradicional versus el *cluster* en cada repetición realizada, en 20 sujetos con cuatro protocolos de sentadilla con salto. En dicha investigación, los protocolos de ejecución constaban en la realización de 4 series de 6 repeticiones, utilizando una carga total equivalente a 40 kg. Los protocolos utilizados fueron 1) *cluster* de 1 repetición por 12 segundos de micropausa hasta completar las 6 repeticiones, seguido de 2 minutos de descanso entre cada serie, 2) *cluster* de 2 repeticiones con 30 segundos de micropausa hasta completar las 6 repeticiones con un descanso de 2 minutos interseries, 3) *cluster* de 3 repeticiones y una micropausa de 60 segundos antes de volver a realizar las últimas 3 repeticiones con una pausa de 2 minutos interseries, 4) serie tradicional de 6 repeticiones continuas y un intervalo de descanso de 3 minutos interseries. Los resultados obtenidos permitieron concluir que los protocolos *cluster* lograron mantener valores de potencia máxima significativamente mayores, en comparación con el protocolo tradicional. El protocolo tradicional influyó de forma negativa en su rendimiento a partir de las repeticiones 4-6, en comparación con los protocolos *cluster*. Hansen *et al.*, (2011a) observaron que no existen grandes diferencias entre las distintas configuraciones de *cluster*, concluyendo que cualquier configuración de ellos puede ser empleada si el objetivo es maximizar el rendimiento durante un entrenamiento de fuerza.

Similares resultados fueron reportados por Hardee *et al.* (2012), donde evaluaron los efectos de distintos protocolos de *cluster* en un total de 6 repeticiones. Para ello, evaluaron a 10 individuos practicantes recreacionales de entrenamiento de fuerza con un mínimo de 4 años de experiencia. Se utilizaron 3 protocolos: a) sin descanso entre repeticiones (tradicional), b) 20 segundos de descanso entre repeticiones y c) 40 segundos de descanso entre repeticiones. Se igualó el volumen en series y se trabajó al 80 % de 1RM en el ejercicio de cargada de potencia. Los resultados mostraron diferencias significativas en los parámetros de velocidad, fuerza y potencia máxima, entre el grupo que no descansó entre las repeticiones y los grupos *cluster* que utilizaron 20 y 40 segundos de descanso entre las repeticiones. Al comparar los dos grupos *cluster*, no se evidenciaron diferencias entre los parámetros evaluados. Por lo tanto, los autores sugirieron utilizar un protocolo de 20 segundos de descanso entre repeticiones, debido al menor tiempo empleado para una sesión de fuerza.

Tufano *et al.* (2016) realizaron una intervención de 12 atletas con experiencia previa de 6 meses en el entrenamiento de fuerza, para el que se diseñaron 3 protocolos de entrenamiento utilizando el ejercicio de sentadilla con barra trasera: 1) serie tradicional de 12 repeticiones continuas con un intervalo de descanso de 120 segundos,

2) protocolo de *cluster* que agrupa 4 repeticiones de 30 segundos de descanso hasta completar las 12 repeticiones, 3) protocolo de *cluster* que agrupa 2 repeticiones con un descanso de 30 segundos hasta completar las 12 repeticiones. En todos los protocolos se ejecutaron tres series de 12 repeticiones y se utilizó el 60 % del 1RM. Entre sus hallazgos observaron que ambos protocolos *cluster* son capaces de mantener la velocidad máxima, velocidad media, potencia máxima y potencia media en comparación con la serie tradicional. Los autores señalan que los *cluster* son un entrenamiento acertado para mantener los valores de potencia y velocidad, y que el factor tiempo cumple un rol fundamental en la planificación de sesiones de entrenamiento de fuerza.

La evidencia de los entrenamientos *cluster* sobre la fuerza máxima es escasa, en comparación con la información existente en cuanto a la variable potencia. [Nicholson et al. \(2016\)](#), realizaron una investigación de 6 semanas utilizando el ejercicio de sentadilla con una frecuencia de entrenamiento de 2 veces por semana con 34 sujetos asignados aleatoriamente a 4 grupos: a) grupo de fuerza tradicional que realizó 4 series de 6 repeticiones continuas al 85 % de la 1RM; b) grupo de hipertrofia que realizó 5 series de 10 repeticiones continuas al 70 % de la RM; c) grupo *cluster* 1 que realizó 4 series de 6 repeticiones pero con un descanso entre repeticiones de 25 segundos al 85 % de la RM; d) grupo *cluster* 2 que realizó 4 series de 6 repeticiones con un descanso entre repeticiones de 25 segundos al 90 % de la RM. Se observó que los cuatro grupos de entrenamiento mostraron aumentos significativos de la fuerza en 1RM durante las evaluaciones realizadas a la mitad y final de la intervención, presentando mayores cambios el grupo de entrenamiento de fuerza tradicional y grupo *cluster* 2. Los autores concluyeron que los protocolos *cluster* no fueron más eficaces que un protocolo tradicional para mejorar la fuerza máxima, aunque sí resultarían más eficaces para atenuar las demandas fisiológicas propias del entrenamiento de fuerza, como los subproductos metabólicos y la fatiga del sistema nervioso central.

[Hansen et al. \(2011b\)](#) realizaron una comparación entre un protocolo tradicional y un protocolo *cluster* en 18 jugadores de *rugby* de elite. La intervención tuvo una duración de 8 semanas y los ejercicios seleccionados fueron la sentadilla y la cargada. El protocolo de intervención se dividió en la manipulación de los distintos componentes de la carga, tales como intensidad y volumen cada dos semanas. Junto con ello, se alternaban los ejercicios en las primeras semanas con variantes con el mismo patrón de movimiento, con el fin de aplicar variabilidad al programa de intervención. El grupo de entrenamiento tradicional tuvo un descanso de 180 segundos entre cada serie, durante las ocho semanas de intervención. Mientras que el grupo *cluster* tuvo protocolos de

descanso diferentes a medida que avanzaban las semanas, fluctuando entre los 30 y 10 segundos. Se observó un aumento en la 1RM de sentadilla para los grupos *cluster* y tradicional, siendo significativamente mayor la ganancia de fuerza en este último grupo. Los autores concluyeron que, a pesar de la manipulación de los componentes de la carga y la selección de ejercicios, la realización de un protocolo tradicional es superior a un protocolo de entrenamiento *cluster* para la mejora de la fuerza máxima. Los investigadores propusieron utilizar los entrenamientos *cluster* como un método que podría instaurarse en fases del entrenamiento donde no hay progresión (estancamiento) y basándose en el principio de variabilidad.

Vargas-Molina *et al.* (2020), además de reportar resultados sobre la hipertrofia muscular, analizaron los efectos de 3 protocolos *cluster* sobre la fuerza y otras variables como la altura del salto. Para ello, reclutaron a 29 participantes con un mínimo de 2 años de experiencia en entrenamiento de fuerza y diseñaron un estudio de 8 semanas en el cual dividieron a los participantes en cuatro grupos: a) grupo *cluster* 1 que realizaba con una carga equivalente a 3RM con descansos de 20 segundos cada 3 repeticiones; b) grupo *cluster* 2 que realizaba con una carga equivalente a 3RM con descansos de 40 segundos cada tres repeticiones; c) grupo *cluster* 3 que ejecutaban descansos de 20 segundos cada 6 repeticiones con una carga equivalente a 6RM; d) grupo control que no realizaba ningún entrenamiento. Los protocolos fueron realizados para los ejercicios de sentadilla, peso muerto y prensa de piernas. Se igualó el volumen de entrenamiento (series x repeticiones x carga) y se completaron tres series de 12 repeticiones en los tres ejercicios. Las sesiones fueron distribuidas con una frecuencia de dos veces por semana, separadas con 72 horas entre cada una de ellas. Los tres grupos de *cluster* expresaron cambios significativos en lo que respecta a la fuerza máxima. Con respecto a la variable de la altura del salto, no se observaron cambios relevantes entre los grupos *cluster* y grupo control, y el tamaño del efecto no reportó repercusiones significativas del método *cluster* para la mejora de la altura del salto.

Los autores concluyeron que el protocolo *cluster* 1 resultó ser más eficiente que los protocolos *cluster* 2 y 3, donde el tiempo invertido para el *cluster* 1 es ligeramente menor.

CONCLUSIONES

Los resultados de esta revisión sistemática sugieren que los entrenamientos *cluster* pueden ser una herramienta eficaz para el desarrollo de la hipertrofia muscular. Además, permiten trabajar con un mayor volumen e intensidad que en el entrenamiento tradicional de fuerza, provocando menores niveles de fatiga neuromuscular.

La evidencia actual señala que los entrenamientos *cluster* son un método efectivo para mejorar parámetros del rendimiento neuromuscular como la potencia y la velocidad; sin embargo, para la mejora de la fuerza máxima se han obtenido mejoras más significativas con programas de entrenamiento tradicional.

Se necesitan más investigaciones en relación con protocolos de entrenamientos específicos de la hipertrofia muscular utilizando entrenamiento *cluster*, evaluando, de manera más objetiva los cambios en la masa muscular y realizando intervenciones de mayor duración.

CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos del interés.

AGRADECIMIENTOS O FINANCIAMIENTO

No aplica

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

El autor 1 lideró la investigación, la curación de datos y la redacción del manuscrito. El autor 2 participó en la conceptualización, y redacción final del documento. El autor 3 contribuyó la evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo del estudio. El autor 4 apoyó en la supervisión, revisión y edición final del documento.

REFERENCIAS

- Ackland, T. R., Lohman, T. G., Sundgot-Borgen, J., Maughan, R. J., Meyer, N. L., Stewart, A. D., & Müller, W. (2012). Current status of body composition assessment in sport. *Sports medicine*, 42(3), 227-249. <https://doi.org/10.2165/11597140-000000000-00000>
- Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A., Alen, M., Kraemer, W. J., & Häkkinen, K. (2003). Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. *European journal of applied physiology*, 89(6), 555-563. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0833-3>
- 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>
- Arazi, H., Khoshnoud, A., Asadi, A., & Tufano, J. J. (2021). The effect of resistance training set configuration on strength and muscular performance adaptations in male powerlifters. *Scientific Reports*, 11(1), 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87372-y>
- Baz-Valle, E., Fontes-Villalba, M., & Santos-Concejero, J. (2021). Total number of sets as a training volume quantification method for muscle hypertrophy: a systematic review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(3), 870-878. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002776>
- Carneiro, M. A., de Oliveira Júnior, G. N., de Sousa, J. F., Santagnello, S. B., Souza, M. V., & Orsatti, F. L. (2019). Effects of cluster training sets on muscle power and force-velocity relationship in postmenopausal women. *Sport Sciences for Health*, 1-9. <https://doi.org/10.1007/s11332-019-00599-1>
- Carneiro, M. A. S., de Oliveira Júnior, G. N., de Sousa, J. F. R., Souza, M. V. C., & Orsatti, F. L. (2020). Cluster training sets is an important stimulus for promoting gains in muscle power regardless of resistance training program design in older women. *Science & Sports*, 35(4), 239-e1. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2019.08.003>
- Chicharro, J. L., & Vaquero, A. F. (2022). *Fisiología del ejercicio/Physiology of Exercise*. 4b. edición. Médica Panamericana.
- Costa Moreira, O., Alonso-Aubin, D. A., de Oliveira, C. E. P., Candia-Luján, R., & De Paz, J. A. (2015). Métodos de evaluación de la composición corporal: una revisión actualizada de descripción, aplicación, ventajas y desventajas. *Arch Med del Deport*, 32(6), 387-94.

- De Freitas, M. C., Gerosa-Neto, J., Zanchi, N. E., Lira, F. S., & Rossi, F. E. (2017). Role of metabolic stress for enhancing muscle adaptations: Practical applications. *World Journal of Methodology*, 7(2), 46-54. <https://doi.org/10.5662/wjm.v7.i2.46>
- Figueiredo, V. C., de Salles, B. F., & Trajano, G. S. (2018). Volume for muscle hypertrophy and health outcomes: the most effective variable in resistance training. *Sports Medicine*, 48(3), 499-505. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0793-0>
- Fosbøl, M. Ø., & Zerahn, B. (2015). Contemporary methods of body composition measurement. *Clinical physiology and functional imaging*, 35(2), 81-97. <https://doi.org/10.1111/cpf.12152>
- Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Orazem, J., & Sabol, F. (2022). Effects of resistance training performed to repetition failure or non-failure on muscular strength and hypertrophy: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sport and Health Science*, 11(2), 202-211. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2021.01.007>
- Haff, G. G., Hobbs, R. T., Haff, E. E., Sands, W. A., Pierce, K. C., & Stone, M. H. (2008). Cluster training: A novel method for introducing training program variation. *Strength & Conditioning Journal*, 30(1), 67-76. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31816383e1>
- Hansen, K. T., Cronin, J. B., & Newton, M. J. (2011a). The effect of cluster loading on force, velocity, and power during ballistic jump squat training. *International journal of sports physiology and performance*, 6(4), 455-468. <https://doi.org/10.1123/ijsp.6.4.455>
- Hansen, K. T., Cronin, J. B., Pickering, S. L., & Newton, M. J. (2011b). Does cluster loading enhance lower body power development in preseason preparation of elite rugby union players? *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(8), 2118-2126. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318220b6a3>
- Hardee, J. P., Triplett, N. T., Utter, A. C., Zwetsloot, K. A., & McBride, J. M. (2012). Effect of interrepetition rest on power output in the power clean. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(4), 883-889. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182474370>
- Iglesias-Soler, E., Mayo, X., Río-Rodríguez, D., Carballeira, E., Fariñas, J., & Fernández-Del-Olmo, M. (2016). Inter-repetition rest training and traditional set configuration produce similar strength gains without cortical adaptations. *Journal of sports sciences*, 34(15), 1473-1484. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1119299>

- 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>
- 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>
- Monti, E., Toniolo, L., Marcucci, L., Bondi, M., Martellato, I., Šimunič, B., ... & Reggiani, C. (2021). Are muscle fibres of body builders intrinsically weaker? A comparison with single fibres of aged-matched controls. *Acta Physiologica*, 231(2), e13557. <https://doi.org/10.1111/apha.13557>
- Moro, T., Marcolin, G., Bianco, A., Bolzetta, F., Berton, L., Sergi, G., & Paoli, A. (2020). Effects of 6 weeks of traditional resistance training or high intensity interval resistance training on body composition, aerobic power and strength in healthy young subjects: A randomized parallel trial. *International journal of environmental research and public health*, 17(11), 4093. <https://doi.org/10.3390/ijerph17114093>
- Nicholson, G., Ispoglou, T., & Bissas, A. (2016). The impact of repetition mechanics on the adaptations resulting from strength-, hypertrophy- and cluster-type resistance training. *European journal of applied physiology*, 116(10), 1875-1888. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3439-2>
- Nunes, J. P., Kassiano, W., Costa, B. D., Mayhew, J. L., Ribeiro, A. S., & Cyrino, E. S. (2021). Equating resistance-training volume between programs focused on muscle hypertrophy. *Sports Medicine*, 51(6), 1171-1178. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01449-2>
- Oliver, J. M., Jagim, A. R., Sanchez, A. C., Mardock, M. A., Kelly, K. A., Meredith, H. J., Smith, G. L., Greenwood, M., Parker, J. L., Riechman, S. E., Fluckey, J. D., Crouse, S. F., & Kreider, R. B. (2013). Greater gains in strength and power with intraset rest intervals in hypertrophic training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(11), 3116-3131. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182891672>
- 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 Medicine*, 4(02), 114. <http://dx.doi.org/10.4236/2fijcm.2013.42022>

- Owens, D. J., Twist, C., Cogley, J. N., Howatson, G., & Close, G. L. (2019). Exercise-induced muscle damage: What is it, what causes it and what are the nutritional solutions? *European Journal of Sport Science: EJSS: Official Journal of the European College of Sport Science*, 19(1), 71-85. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1505957>
- Pearson, S. J., & Hussain, S. R. (2015). A review on the mechanisms of blood-flow restriction resistance training-induced muscle hypertrophy. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 45(2), 187-200. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0264-9>
- Prestes, J., Tibana, R. A., de Araujo Sousa, E., da Cunha Nascimento, D., de Oliveira Rocha, P., Camarço, N. F., ... & Willardson, J. M. (2019). Strength and muscular adaptations after 6 weeks of Rest-pause vs. traditional multiple-sets resistance training in trained subjects. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33, S113-S121. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001923>
- Schoenfeld, B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), 2857-2872. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e840f3>
- Schoenfeld, B. J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2017a). 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., Grgic, J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2017b). Strength and hypertrophy adaptations between low-vs. high-load resistance training: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(12), 3508-3523. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002200>
- 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.0000000000000473>
- Siddique, U., Rahman, S., Frazer, A. K., Pearce, A. J., Howatson, G., & Kidgell, D. J. (2020). Determining the Sites of Neural Adaptations to Resistance Training: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 50(6), 1107-1128. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01258-z>
- Stokes, T., Hector, A. J., Morton, R. W., McGlory, C., & Phillips, S. M. (2018). Recent perspectives regarding the role of dietary protein for the promotion of muscle hypertrophy with resistance exercise training. *Nutrients*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/nu10020180>

- Tufano, J. J., Brown, L. E., & Haff, G. G. (2017). Theoretical and practical aspects of different cluster set structures: a systematic review. *Journal of strength and conditioning research*, 31(3), 848-867. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001581>
- Tufano, J. J., Conlon, J. A., Nimphius, S., Brown, L. E., Seitz, L. B., Williamson, B. D., & Haff, G. G. (2016). Maintenance of velocity and power with cluster sets during high-volume back squats. *International journal of sports physiology and performance*, 11(7), 885-892. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0602>
- Vargas-Molina, S., Romance, R., Schoenfeld, B. J., García, M., Petro, J. L., Bonilla, D. A. & Benítez-Porres, J. (2020). Effects of cluster training on body composition and strength in resistance-trained men. *Isokinetics and Exercise Science*, (Preprint), 1-9. <https://doi.org/10.3233/IES-205122>
- Zaras, N., Stasinaki, A. N., Spiliopoulou, P., Mpampoulis, T., Hadjicharalambous, M., & Terzis, G. (2021). Effect of inter-repetition rest vs. traditional strength training on lower body strength, rate of force development, and muscle architecture. *Applied Sciences*, 11(1), 45. <https://doi.org/10.3390/app11010045>