



Efectos del entrenamiento con resistencia variable sobre la funcionalidad en personas con trastornos musculoesqueléticos: una revisión sistemática

Effects of variable resistance training on functionality in people with musculoskeletal disorders: A systematic review

Autores

Antonio Rufin-Larraín ¹
 Eduardo Guzmán-Muñoz ^{2,3}
 Mario Terol-Sanchis ⁴
 Guillermo Méndez-Rebolledo ²
 Carlos Elvira-Aranda ⁴
 José Antonio Pérez-Turpin ⁴

¹ Universidad Finis Terrae (Chile)

² Universidad Santo Tomás (Chile)

³ Universidad Autónoma de Chile (Chile)

⁴ Universidad de Alicante (España)

Autor de correspondencia:
 Eduardo Guzmán Muñoz
 eguzmanm@santotomas.cl

Cómo citar en APA

Rufin-Larraín, A., Guzman Muñoz, E., Terol-Sanchis, M., Méndez-Rebolledo, G., Elvira-Aranda, C., & Pérez-Turpin, J. A. (2025). Efectos del entrenamiento con resistencia variable sobre la funcionalidad en personas con trastornos musculoesqueléticos: una revisión sistemática. *Retos*, 65, 1065–1076. <https://doi.org/10.47197/retos.v65.110490>

Resumen

Introducción y objetivo: El entrenamiento con resistencia variable (ERV) es una metodología de entrenamiento utilizada en la mejora de la fuerza muscular, pero sus efectos sobre la funcionalidad en personas con trastornos musculoesqueléticos han sido poco investigados. Esta revisión sistemática tiene como objetivo evaluar los efectos del ERV en la funcionalidad de estas personas.

Metodología: Se realizó una búsqueda en cuatro bases de datos (EBSCO, Scopus, Web of Science, PubMed), resultando en 694 estudios, de los cuales se seleccionaron 7 para su análisis. Los estudios incluyeron pacientes con diferentes disfunciones musculoesqueléticas como dolor lumbar, osteoartritis, y prótesis de rodilla.

Resultados: Los resultados muestran que el ERV mejoró significativamente la fuerza en tres estudios, el dolor en cuatro estudios, y la funcionalidad general en todos los estudios evaluados. Además, se observaron mejoras en el equilibrio y la velocidad de la marcha. A pesar de los resultados prometedores, la heterogeneidad de los protocolos y las diferencias en las evaluaciones limitan la generalización de los hallazgos.

Conclusiones: Se concluye que el ERV puede ser una intervención efectiva para mejorar la funcionalidad en personas con trastornos musculoesqueléticos, pero se requieren estudios adicionales para confirmar su eficacia en distintos contextos.

Palabras clave

Dolor; entrenamiento con resistencia variable; fuerza; funcionalidad; rehabilitación; trastornos musculoesqueléticos.

Abstract

Introduction and objective: Variable resistance training (VRT) is a training methodology commonly used to enhance muscle strength, but its effects on functionality in individuals with musculoskeletal disorders have been poorly investigated. This systematic review aims to evaluate the effects of VRT on the functionality of these individuals.

Methodology: A search was conducted in four databases (EBSCO, Scopus, Web of Science, PubMed), yielding 694 studies, of which 7 were selected for analysis. The studies included patients with various musculoskeletal dysfunctions, such as low back pain, osteoarthritis, and knee prosthesis.

Results: The results show that VRT significantly improved strength in three studies, pain in four, and overall functionality in all the evaluated studies. Additionally, improvements were observed in balance and gait speed. Despite the promising results, the heterogeneity of the protocols and differences in the evaluations limit the generalization of the findings. **Conclusions:** It is concluded that VRT can be an effective intervention to improve functionality in individuals with musculoskeletal disorders, but additional studies are needed to confirm its efficacy in different contexts.

Keywords

Functionality; musculoskeletal disorders; Pain; rehabilitation; strength; variable resistance training.

Introducción

En la actualidad, el entrenamiento resistido se ha consolidado como una intervención de referencia para promover la hipertrofia muscular y mejorar la fuerza (Hernández-Lucas et al., 2023; Alarcón-Rivera et al., 2024). Estas adaptaciones no solo impactan positivamente en el rendimiento deportivo, sino que también desempeñan un papel crucial en la rehabilitación y la mejora de la condición física (Fuentes-García et al., 2024; Lecerf-Paredes et al., 2022). Esto se debe a que existe una correlación directa entre el área de la sección transversal del músculo y su capacidad para generar fuerza, lo que destaca la importancia del desarrollo muscular en diferentes contextos (Krzysztofik et al., 2019; Kim et al., 2021; Hernández-Lucas et al., 2023).

En el ámbito del entrenamiento resistido tradicional, la carga externa generalmente se mantiene constante a lo largo del rango de movimiento, como ocurre en ejercicios con pesas libres (Andersen et al., 2022). Sin embargo, esta metodología presenta limitaciones en la estimulación muscular debido a la presencia de la denominada "región pegajosa" o sticking region (van den Tillaar et al., 2014). Esta región representa una desventaja mecánica durante un punto específico del rango de movimiento, lo que puede dificultar el levantamiento de la carga (Blazek et al., 2021). Este desafío ha llevado a la exploración de estrategias alternativas, como el Entrenamiento de Resistencia Variable (ERV). El ERV introduce variabilidad en la resistencia a lo largo del rango de movimiento, permitiendo una estimulación más efectiva del músculo en cada fase articular (Frost et al., 2010). Este enfoque emplea herramientas como bandas elásticas, cadenas y máquinas especializadas, las cuales ajustan dinámicamente la resistencia (Wallace et al., 2018; Saez-Michea et al., 2023). Además, el ERV se ha asociado con beneficios como el reclutamiento acelerado de unidades motoras y una mayor tasa de desarrollo de fuerza, particularmente durante la fase excéntrica del movimiento (Aboodarda et al., 2014; Joy et al., 2016).

Aunque la evidencia respalda la eficacia del ERV para mejorar la fuerza máxima y la potencia en el ámbito deportivo (Berning et al., 2004; Israetel et al., 2010), su aplicación en la rehabilitación es aún limitada y poco explorada (Lorenz, 2014). Las características únicas del ERV, como la inestabilidad controlada y la tensión constante durante el movimiento, sugieren un potencial para adaptarse a las necesidades de personas con trastornos musculoesqueléticos (Mina et al., 2014; Walker et al., 2013). No obstante, los estudios existentes presentan resultados inconsistentes, particularmente en variables como las ganancias de masa muscular y la funcionalidad general (Fuentes García et al., 2024).

A pesar del creciente interés en el ERV y sus implicaciones neuromusculares, no se ha realizado hasta ahora una revisión sistemática que integre y sintetice la evidencia disponible en el contexto de la rehabilitación musculoesquelética. Por lo tanto, este estudio tiene como propósito analizar los efectos del ERV sobre la funcionalidad en personas con trastornos musculoesqueléticos, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones clínicas.

Método

La realización de esta revisión sistemática siguió las pautas para reportar los protocolos de revisiones sistemáticas y metaanálisis PRISMA-P (del inglés, Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis Protocols).

Criterios de elegibilidad

Los criterios de inclusión para la selección de los estudios siguieron el modelo PICOT (población, intervención, comparador, outcome o resultado y tipo de estudio): (1) población: individuos con algún trastorno musculoesquelético, definido como afecciones y enfermedades que afectan los tendones, músculos, nervios y otras estructuras que proporcionan soporte y estabilidad al cuerpo humano; (2) intervención: ERV de forma aislada o combinado con otras intervenciones; (3) comparación: cualquier otra intervención de control incluyendo cualquier modalidad de fisioterapia, atención habitual o actividades en el hogar; (4) resultados: función física y (5) diseño del estudio: ensayos clínicos controlados y aleatorizados.

Por otro lado, se excluyeron los registros: (1) estudios transversales, retrospectivos, prospectivos, o cuyas intervenciones no estuvieran centradas en el ERV; (2) artículos no originales (p. ej., cartas al editor,



traducciones, notas, reseñas de libros); (3) artículos duplicados; (4) artículos de revisión (p. ej., meta-análisis, revisiones sistemáticas, revisiones narrativas) y (5) estudios de casos.

Proceso de búsqueda de información y bases de datos

Para la recuperación de la información se utilizaron las siguientes bases de datos: Psychology and Behavioral (EBSCO), Scopus, Web of Science y PubMed (Medline). Se incluyeron artículos originales sin restricción de idioma y año de publicación (hasta enero de 2023, fecha en que se realizó la búsqueda). Las palabras clave utilizadas fueron las siguientes: (“Elastic resistance” OR “Elastic bands training” OR “Variable resistance training” OR “Chain training”) AND (“Physical fitness” OR “Strength” OR “Physical condition” OR “Motor skills” OR “functionality”) AND (“Physiotherapy OR “Physical therapy” OR “rehabilitation”).

Proceso de selección de estudios y recolección de datos

Los estudios se exportaron al administrador de referencias Rayyan (www.rayyan.ai). Dos autores (ARL y EGM) realizaron la búsqueda de forma independiente. Después de eliminar los duplicados, los revisores examinaron los títulos y resúmenes para determinar estudios potencialmente elegibles. Posteriormente, los estudios de texto completo se examinaron utilizando los criterios de inclusión y exclusión. En caso de desacuerdo, un tercer revisor (MTS) resolvió las diferencias y determinó la inclusión o exclusión de los estudios conflictivos.

Síntesis de datos

De los estudios seleccionados se obtuvieron y analizaron los siguientes datos: (i) autor y año de publicación; (ii) país de origen; (iii) diseño del estudio; (iv) número de participantes en los grupos de intervención y control; (v) edad media de la muestra; (vi) disfunción musculoesquelética de los sujetos de estudio; (vii) actividades desarrolladas en grupo control (GC) y grupo experimental (GE), entrenamiento, duración total de las intervenciones, frecuencia semanal y tiempo por sesión; (viii) instrumentos de recolección de datos de función física; (ix) los principales resultados de los estudios.

Evaluación de la calidad y riesgo de sesgo metodológico

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 (Ribeiro et al., 2010). 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). Este proceso fue realizado de forma independiente por dos autores (ARL y EGM). Asimismo, dos investigadores independientes (ARL y EGM) evaluaron el riesgo de sesgo de los ensayos incluidos mediante el software Review Manager 5.3 (Colaboración Cochrane, Reino Unido). La evaluación de la calidad se realizó de acuerdo con los criterios Cochrane, incluidos el sesgo de selección, el sesgo de realización, el sesgo de detección, el sesgo de deserción, el sesgo de informe y otros posibles sesgos, que se clasificaron en tres grados: bajo riesgo, alto riesgo y algunas preocupaciones. Los desacuerdos con respecto a la calidad metodológica y riesgo de sesgo se resolvieron mediante un tercer investigador (MTS).

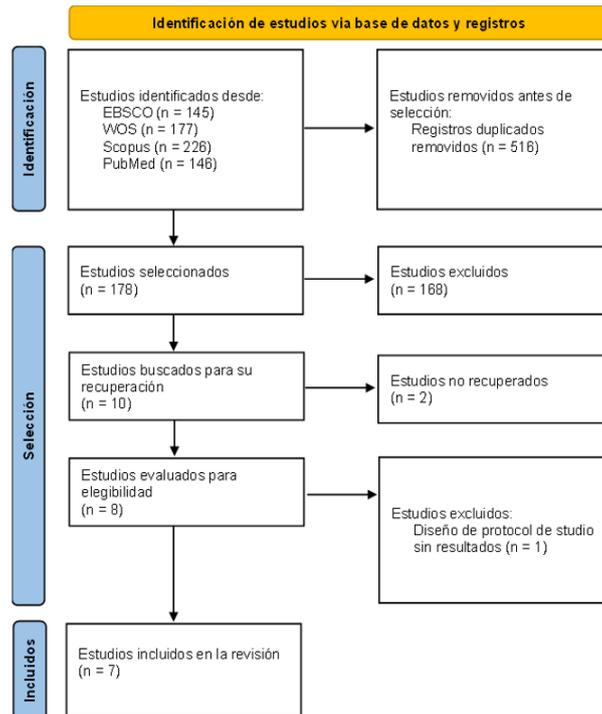
Resultados

Selección de estudios

La figura 1 detalla el proceso de búsqueda para los estudios. Un total de 694 ejemplares fueron encontrados en la fase de identificación de estudios. Se eliminaron 516 artículos duplicados y, por lo tanto, 178 estudios fueron filtrados a partir de la lectura del título, resumen y palabras clave, obteniendo un total de 10 artículos que pasaron a la siguiente fase del análisis. De estos, dos no pudieron ser revisados por no obtener acceso al texto completo, mientras que uno fue excluido por ser un estudio de protocolo que no presentaba resultados. Finalmente, siete estudios fueron analizados con texto completo cumpliendo con los criterios de selección (Chen et al., 2020; Han & Ricard, 2011; Iversen et al., 2018; Iversen et al., 2018; Liao et al., 2020; Lidegaard et al., 2013; Madsen et al., 2018).



Figura 1. Diagrama de flujo de los estudios seleccionados para la revisión sistemática (PRISMA).



Características de los estudios

La Tabla 1 presenta un resumen de las variables analizadas en los estudios seleccionados. De estos uno fue realizado en Taiwán (Chen et al., 2020), uno en China (Liao et al., 2020), uno en Estados Unidos (Han & Ricard, 2011), dos en Noruega (Iversen et al., 2018; Iversen et al., 2018) y dos fueron realizados en Dinamarca (Lidegaard et al., 2013; Madsen et al., 2018). Todos los mencionados anteriormente fueron ensayos clínicos controlados y aleatorizados.

Tabla 1. Resumen de los estudios revisados.

Autores	País	Disfunción	Grupos (n) y porcentaje de la muestra femenina (%)	Edad media (años)	Intervención (s)		Variables de la funcionalidad evaluadas	Principales resultados
					Grupo experimental (GE)	Grupo control (GC)		
Lidegaard et al.	Dinamarca	Dolor de Cuello/hombros	30 GI: 15 GC: 15 100% Mujeres	41.7 40.5	Entrenamiento realizando vuelos laterales con banda elástica (thera-band) durante 2 minutos hasta la fatiga durante sus horas de trabajo. Por 10 semanas	Correo electrónico con información de salud general una vez a la semana durante 10 semanas	- Actividad electromiográfica de los músculos esplenio y trapecio. - Dolor crónico de cuello y hombros - Fuerza isométrica	En grupo de ERV se observó: ↑ 6% de la fuerza isométrica, ↓ 40% en la intensidad del dolor de cuello/hombros, ↑ 71% duración promedio de gap EMG, ↑ 296% frecuencia de gap EMG.
Han & Ricard	EEUU	Historial de Esguince de tobillo	40 GI: 10 GC: 10 100% Mujeres	20.3	Entrenamiento con 4 Ejercicios direccionales con resistencia elástica 2x	Sólo se reporta como grupo control.	- Fuerza de músculos eversores de tobillo. - Latencia de músculo peroneo	No hubo cambios significativos en la fuerza de la musculatura de tobillo ni en la

					semana durante 4 semanas		largo luego de una inversión espontánea.	latencia muscular tanto en grupo de ERV como control.
Madsen et al.	Dinamarca	Jaquica tensional	60 GI: 30 GC: 30 68,3% Mujeres	22 19	Entrenamiento con bandas elásticas (thera- bands) 3x semana durante 10 semanas.	Instruidos en corrección de postura y ergonomía durante 10 semanas	- Intensidad, duración y frecuencia de dolor de cabeza.	↓ 11% frecuencia y ↓10% duración de dolor de cabeza tensional en grupo de ERV. ↓24% frecuencia y ↓27% duración en grupo control.
Iversen et al. (a)	Noruega	Dolor lumbar	74 GI:37 GC:37 57% Mujeres	43 47	Rehabilitación multidisciplinaria por 3 semanas incluyendo entrenamiento con bandas elásticas, seguido de programa de entrenamiento con resistencia elástica 3x semana durante 9 semanas.	Rehabilitación multidisciplinaria por 3 semanas incluyendo entrenamiento físico general, seguido de programa de entrenamiento físico general en casa por 9 semanas.	- Fuerza de agarre - Fuerza de extensión de columna - Escala funcional especifica- paciente (PSFS) - Dolor - Índice de discapacidad de Oswestry (ODI)	Mejoras en ODI en ambos grupos sin diferencias significativas intra e intergrupo. Mejoras en la PSFS tanto en grupo control como ERV sin diferencias entre ellos.
Iversen et al. (b)	Noruega	Dolor crónico de cuello	59 GI: 29 GC: 30 68% Mujeres	44.6 48.2	Rehabilitación multidisciplinaria por 3 semanas incluyendo entrenamiento con bandas elásticas, seguido de programa de entrenamiento con resistencia elástica 3x semana durante 9 semanas.	Rehabilitación multidisciplinaria por 3 semanas incluyendo entrenamiento físico general, seguido de programa de entrenamiento físico general en casa por 9 semanas.	- Índice de discapacidad de cuello (NDI) - Dolor - Escala funcional especifica- paciente (PSFS) - Fuerza isométrica de abductores de hombro, flexores de cuello, extensores de cuello, umbral de dolor a la presión.	No hubo diferencias significativas en el NDI intra e intergrupo. ↑ Fuerza CVM abductores de hombro en ERV vs grupo control. No hubo diferencias significativas en los demás outcomes entre los grupos.
Chen et al.	Taiwan	Diabetes tipo 2 y osteoartritis de rodilla	60 GI: 30 GC: 30	65.9 65,0	Ejercicio con bandas elásticas 3x semana durante 12 semanas.	Ejercicios isométricos 3x semana durante 12 semanas.	- Fuerza de extremidad inferior (30-s chair stand test, CST) - Timed up and go test (TUG) - Escala WOMAC	Mejoras significativas en CST, TUG, WOMAC en ambos grupos con diferencias entre grupos a favor del ERV dinámico.
Liao et al.	China	Prótesis total de rodilla	60 GI: 30 GC: 30 100% Mujeres	72.2 69.7	60 minutos de entrenamiento con resistencia elástica post cirugía de rodilla 2x semana por 12 semanas.	Tratamiento estándar post cirugía de rodilla 2 x semana durante 12 semanas.	- Timed up and go test (TUG) - Velocidad de la marcha (GS) - Estación unipodal (SLS) - Fuerza de extremidad inferior (30-s chair stand test, CST) - Escala WOMAC	Mejoras significativas en TUG, velocidad de la marcha, SLS, CST y WOMAC, siendo mayores los cambios en ERV que en grupo control.

GI: Grupo intervención; GC: Grupo Control; ERC; ERV: entrenamiento de resistencia variable; EMG: electromiografía; ODI: Índice de discapacidad de Oswestry; PSFS: Escala específica de función del paciente; NDI: Índice de discapacidad de cuello; CST: Chair stand test; TUG: Time Up and Go test; WOMAC: Índice de Osteoartritis de Western Ontario and MacMasters; SLS: single leg stance.

Características de la muestra

5 estudios tuvieron entre 59 y 74 participantes (Chen et al., 2020; Iversen et al., 2018; Iversen et al., 2018; Liao et al., 2020; Madsen et al., 2018) y dos entre 30 a 40 participantes (Han & Ricard, 2011; Lidegaard et al., 2013). La sumatoria total de la muestra de los siete estudios incluidos fue de 383 sujetos con una edad media de 46,1 años. En relación a los trastornos musculoesqueléticos abordados, tres estudios reportaron como problema de salud principal dolor en alguna extremidad del cuerpo (Iversen et al., 2018; Iversen et al., 2018; Lidegaard et al., 2013), mientras que los demás estudios reportaron diferentes condiciones de salud como: jaqueca tensional, esguince de tobillo, prótesis total de rodilla y diabetes tipo 2 junto a osteoartritis de rodilla (Chen et al., 2020; Han & Ricard, 2011; Liao et al., 2020; Madsen et al., 2018).

Calidad metodológica

Los 7 estudios seleccionados se analizaron mediante la escala PEDro (Tabla 2). Todos los estudios alcanzaron una puntuación igual o superior a 5 puntos. De ellos, se clasificó 1 estudio con calidad metodológica moderada (Madsen et al., 2018) y 6 estudios con calidad metodológica alta (Chen et al., 2020; Han & Ricard, 2011; Iversen et al., 2018; Iversen et al., 2018; Liao et al., 2020; Lidegaard et al., 2013). No se encontraron estudios con excelente calidad metodológica.

Tabla 2. 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	
Chen et al., 2019	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	6/10
Chun-De, 2020	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	6/10
Han & Ricard, 2011	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/10
Iversen et al., 2018 ^a	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	7/10
Iversen et al., 2018 ^b	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	7/10
Lidegaard et al., 2013	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	7/10
Madsen et al., 2018	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	5/10

*Nota: Criterio 1 no considerado en puntaje total

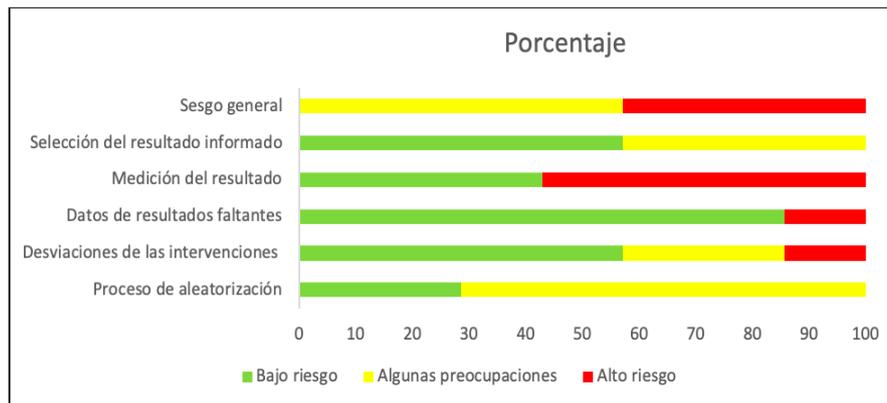
Riesgo de sesgo

Los detalles sobre los riesgos de sesgo de los estudios incluidos se muestran en la Figura 2. Ningún estudio presentó riesgo de sesgo bajo. Cuatro de ellos presentaron algunas preocupaciones en el riesgo de sesgo general (Liao et al., 2020; Iversen et al., 2018a; Iversen et al., 2018b; Lidegaard et al., 2013) y tres un riesgo de sesgo alto (Chen et al., 2020; Han & Ricard, 2011; Madsen et al., 2018). El resumen de riesgo de sesgo de los artículos revisados en este estudio se muestra en la Figura 3.

Figura 2. Evaluación individual del riesgo de sesgo de los estudios incluidos en la revisión.

Estudio	D1	D2	D3	D4	D5	General	
Chen et al. (2019)	+	!	+	-	+	-	+
Han & Ricard (2011)	!	-	-	-	!	-	!
Iversen et al. (2018a)	!	+	+	+	+	!	-
Iversen et al. (2018b)	!	+	+	+	+	!	
Liao et al. (2020)	!	!	+	+	+	!	D1
Lidegaard et al. (2013)	+	+	+	-	!	!	D2
Madsen et al. (2018)	!	+	+	-	!	-	D3
							D4
							D5

Figura 3. Resumen del riesgo de sesgo de los estudios incluidos en la revisión.



Instrumentos de recolección de datos de funcionalidad

La función física fue evaluada a través de diversas pruebas e instrumentos. La fuerza fue registrada por 6 estudios (Lidegaard et al., 2013; Han & Ricard, 2011; Iversen et al., 2018a; Iversen et al., 2018b; Chen et al., 2020; Liao et al., 2020), donde 4 de ellos evaluaron a través de dinamometría (Lidegaard et al., 2013; Han & Ricard, 2011; Iversen et al., 2018a; Iversen et al., 2018b) y 2 mediante una prueba funcional (30-s chair stand test) (Chen et al., 2020; Liao et al., 2020). Por su parte, el dolor fue evaluado con la misma escala en los 4 estudios que la consideraron (escala numérica del dolor) (Lidegaard et al., 2013; Madsen et al., 2018; Iversen et al., 2018a; Iversen et al., 2018b). También, se realizaron pruebas de equilibrio dinámico (Timed up and go) (Chen et al., 2019; Chun et al., 2020), equilibrio estático (single leg-stance) (Chun et al., 2020) y de velocidad de la marcha (Chun et al., 2020).

Dos de los 7 estudios consideraron la evaluación de la función neuromuscular a través de la medición con electromiografía de superficie (Lidegaard et al., 2013; Han & Ricard, 2011). Finalmente, hubo estudios que evaluaron la funcionalidad del paciente a través de escalas como el Oswestry Disability Index (Iversen et al., 2018a), Neck Disability Index (Iversen et al., 2018b), escala funcional específica-paciente (Iversen et al., 2018a; Iversen et al., 2018b) y Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) (Chen et al., 2019; Chun et al., 2020).

Intervenciones realizadas y dosificación

Los estudios analizados dividieron la muestra en grupo experimental y grupo control. Los primeros llevaron a cabo ERV y los segundos desarrollaron otro tipo de intervenciones. Tres de los siete estudios analizados se centraron en el tren superior (Iversen et al., 2018b; Lidegaard et al., 2013; Madsen et al., 2018). Otras tres investigaciones se enfocaron en ejercicios que implicaban las extremidades inferiores (Chen et al., 2020; Han & Ricard, 2011; Liao et al., 2020) y una intervención se focalizó en ejercicios que involucraban todo el cuerpo (Iversen et al., 2018a).

Seis de los siete estudios incluyeron ejercicios con resistencia variable progresiva. Las intervenciones comenzaron con cargas más bajas hasta alcanzar resistencias más elevadas durante el transcurso de las intervenciones (Han & Ricard, 2011; Iversen et al., 2018a; Iversen et al., 2018b; Liao et al., 2020; Lidegaard et al., 2013; Madsen et al., 2018). En 5 de los estudios se reportó el uso de bandas elásticas marca Thera-bands® para el desarrollo de las sesiones (Iversen et al., 2018; Iversen et al., 2018; Liao et al., 2020; Lidegaard et al., 2013; Madsen et al., 2018), mientras que otra investigación utilizó tubos elásticos como resistencia (Han & Ricard, 2011). Por último, otro estudio llevó a cabo la intervención mediante bandas elásticas sin especificar la marca (Chen et al., 2019).

La duración de las intervenciones llevadas a cabo fue diversa. Uno de los estudios tuvo una duración de 4 semanas (Han & Ricard, 2011), dos estudios se prolongaron durante 9 semanas (Iversen et al., 2018a; Iversen et al., 2018b), otros dos tuvieron una duración de 10 semanas (Lidegaard et al., 2013; Madsen et al., 2018) y, por último, dos estudios se completaron en 12 semanas (Chen et al., 2020; Liao et al., 2020).

Respecto a la frecuencia del entrenamiento, casi todos los estudios reportaron una distribución semanal de dos y tres sesiones excepto uno que reportaba los ejercicios durante las horas de trabajo (Lidegaard

et al., 2013). La duración mínima de los ejercicios propuestos por sesión en las distintas investigaciones fue de 2 minutos a la fatiga (Lidegaard et al., 2013) y la máxima reportada fue de 60 minutos (Han & Ricard, 2011).

En cuanto a los grupos control, la mayoría de los estudios desarrollan entrenamiento isométrico o intervenciones con recomendaciones sobre salud general, tales como dietas, hábitos de vida saludable, ergonomía o control postural (Liao et al., 2020; Lidegaard et al., 2013; Madsen et al., 2018; Chen et al., 2020; Han & Ricard, 2011).

Principales resultados

Los resultados de esta revisión muestran que el ERV provocó cambios sobre los diferentes trastornos musculoesqueléticos. De los 7 artículos incluidos en la revisión, seis reportaron diferencias significativas en al menos una variable de funcionalidad evaluadas (Chen et al., 2020; Liao et al., 2020; Lidegaard et al., 2013; Madsen et al., 2018; Iversen et al., 2018a; Iversen et al., 2018b). El ERV provocó cambios significativos sobre la fuerza en tres de los cinco estudios que la valoraron (Iversen et al., 2018a; Liao et al., 2020; Lidegaard et al., 2013). En cuanto al dolor, mediante el ERV se encontraron variaciones significativas en dos de los cuatro estudios que lo registraron (Lidegaard et al., 2013; Madsen et al., 2018).

Respecto a la funcionalidad general del paciente, en los dos estudios que evaluaron con la escala WOMAC se observaron cambios favorables a favor del ERV (Chen et al., 2020; Liao et al., 2020). Además, se describieron mejoras significativas con el ERV en el índice de discapacidad de Oswestry (Iversen et al., 2018a) y en escala funcional específica-paciente (Iversen et al., 2018a). Asimismo, el ERV reportó cambios positivos en equilibrio dinámico a través de la prueba Timed up and go en dos de los estudios (Chen et al., 2020; Liao et al., 2020), equilibrio estático (Liao et al., 2020) y velocidad de la marcha (Liao et al., 2020).

En relación a las comparaciones intergrupo, solo 3 estudios determinaron que los efectos fueron mayores en el grupo de ERV que en el control (Lidegaard et al., 2013; Chen et al., 2020; Liao et al., 2020).

Es importante señalar que, para garantizar la consistencia en el análisis y la comparación de los datos reportados en los estudios seleccionados, se unificaron los resultados presentados en diferentes formatos o unidades. En los casos en que las variables se expresaron en métricas distintas (por ejemplo, kilogramos vs. newtons para la fuerza muscular, o segundos vs. milisegundos para tiempos de reacción), se realizaron conversiones matemáticas estandarizadas para homogenizar las unidades.

Discusión

Hasta la fecha, esta revisión sistemática es una de las primeras en explorar el efecto del entrenamiento con resistencia variable (ERV) sobre la funcionalidad en personas con trastornos musculoesqueléticos. Los resultados muestran efectos positivos del ERV en variables como fuerza, dolor, funcionalidad general, velocidad de la marcha y equilibrio. Seis de los siete estudios incluidos reportaron mejoras en una o más variables funcionales (Chen et al., 2020; Liao et al., 2020; Lidegaard et al., 2013; Madsen et al., 2018; Iversen et al., 2018a; Iversen et al., 2018b) y, tres de ellos, provocan cambios significativos en la variable fuerza (Iversen et al., 2018a; Liao et al., 2020; Lidegaard et al., 2013). Además, los estudios muestran efectos beneficiosos sobre la funcionalidad general (Chen et al., 2020; Liao et al., 2020; Iversen et al., 2018a; Iversen et al., 2018b), velocidad de la marcha (Liao et al., 2020) y equilibrio (Chen et al., 2020; Liao et al., 2020).

Los beneficios del ERV pueden explicarse mediante mecanismos neurofisiológicos. Por ejemplo, estudios han documentado incrementos en fuerza debido a adaptaciones como cambios en la longitud muscular, el grosor y el ángulo de peneación (Elnaggar et al., 2024; Joy et al., 2019). Además, el reclutamiento de unidades motoras y el impulso neural eferente contribuyen a estas mejoras (Elnaggar et al., 2024). Durante la fase excéntrica, el ERV desafía al sistema neuromuscular, afectando positivamente el equilibrio y la velocidad de la marcha (Anderson et al., 2008). Estas interpretaciones coinciden con estudios que han reportado mayores respuestas funcionales al comparar el ERV con entrenamiento resistido convencional (Lin et al., 2022; Colado et al., 2010; Xiao et al., 2016; Martins et al., 2013; Sundstrup et al., 2014).



El impacto del ERV también se extiende a la reducción del dolor. En estudios con poblaciones diversas, el uso de bandas elásticas se asoció con disminuciones significativas del dolor cervical y patelofemoral (Hernández-Lucas, 2023; Page, 2011). Además, estudios sugieren que el ERV podría ser más efectivo que el ejercicio inespecífico en ciertas condiciones musculoesqueléticas (Joshi et al., 2022). Por ejemplo, Fakontis et al. (2023) concluyeron que las bandas elásticas mejoran la estabilidad y el equilibrio en pacientes con inestabilidad crónica de tobillo. Por otro lado, en personas mayores, el ERV ha demostrado ser beneficioso para la mejora de la producción de fuerza, movilidad, flexibilidad y riesgo de caídas (Walker et al., 2014; Kwak et al., 2016). Este tipo de entrenamiento también podría ser una herramienta útil en la prevención y recuperación de lesiones, especialmente por su capacidad de generar tensión constante durante la fase excéntrica (McMaster et al., 2009; Aboodarda et al., 2011).

En relación a las implicaciones clínicas, el ERV representa una herramienta viable para la rehabilitación y el fortalecimiento en personas con trastornos musculoesqueléticos, especialmente en poblaciones vulnerables como personas mayores. Mejora la fuerza, la movilidad y reduce la fragilidad, contribuyendo a la prevención de caídas y la mejora de la calidad de vida (Daryanti et al., 2022; Walker et al., 2014; Sundstrup et al., 2014). Además, las bandas elásticas ofrecen una opción accesible y económica para implementar programas de ejercicio tanto en el hogar como en entornos clínicos (Lorenz, 2014).

Existen limitaciones que deben ser consideradas en esta revisión. La heterogeneidad en los protocolos de entrenamiento limita la capacidad para generalizar los efectos del ERV. Las diferencias en la duración de las intervenciones, las herramientas de evaluación y el monitoreo de los ejercicios complican la comparabilidad de los resultados. Además, la variabilidad en los tipos de bandas elásticas y sus resistencias iniciales subraya la necesidad de estandarizar estos componentes. Los principales sesgos de los estudios se presentaron en la aleatorización y medición de resultados, donde finalmente ningún estudio fue categorizado con bajo riesgo de sesgo. A pesar de estas limitaciones, los estudios incluidos fueron valorados de moderada a alta calidad y consistieron en ensayos clínicos aleatorizados.

En resumen, el ERV demuestra un potencial significativo para mejorar la funcionalidad en personas con trastornos musculoesqueléticos. Sin embargo, se requiere investigar su efectividad en muestras más amplias y con protocolos de intervención estandarizados. Estudios futuros deberán diseñar intervenciones con protocolos que permitan evaluar los efectos a corto y largo plazo, comparar el ERV con otros enfoques terapéuticos en poblaciones específicas como personas mayores o atletas en rehabilitación, y analizar el impacto del ERV en variables adicionales, como calidad de vida y desempeño funcional en actividades cotidianas. Estas investigaciones contribuirán a definir protocolos clínicos más precisos y promoverán el uso del ERV como estrategia terapéutica integral.

Conclusiones

El ERV demuestra ser una estrategia efectiva para mejorar la funcionalidad en personas con trastornos musculoesqueléticos. Los estudios revisados indican que el ERV genera cambios positivos en la fuerza muscular, reduce el dolor y mejora la funcionalidad general, así como variables específicas como la velocidad de la marcha y el equilibrio.

Estos efectos son particularmente pronunciados en comparación con otras modalidades de entrenamiento o rehabilitación. Sin embargo, debido a la heterogeneidad de los protocolos de intervención y la variabilidad en los métodos de evaluación entre los estudios, es necesario realizar investigaciones adicionales que exploren la aplicabilidad de este método en diferentes contextos clínicos y con poblaciones más amplias. A pesar de estas limitaciones, el ERV se perfila como una opción prometedora para integrar en programas de rehabilitación destinados a mejorar la capacidad funcional en personas con trastornos musculoesqueléticos.

Referencias

- Aboodarda, S. J., Byrne, J. M., Samson, M., Wilson, B. D., Mokhtar, A. H., & Behm, D. G. (2014). Does performing drop jumps with additional eccentric loading improve jump performance? *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 28(8), 2314–2323. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000498>
- Alarcón-Rivera, Miguel, Benavides-Roca, Luis, Salazar Orellana, Cristian, & Guzmán-Muñoz, Eduardo. (2024). Efectos del entrenamiento cluster sobre la hipertrofia muscular: una revisión sistemática. *MHSalud*, 21(1), 82-103. <https://dx.doi.org/10.15359/mhs.21-1.16859>
- Andersen, L. L., Andersen, C. H., Mortensen, O. S., Poulsen, O. M., Bjørnlund, I. B. T., & Zebis, M. K. (2010). Muscle activation and perceived loading during rehabilitation exercises: comparison of dumbbells and elastic resistance. *Physical therapy*, 90(4), 538-549. <https://doi.org/10.2522/ptj.20090167>
- Andersen, V., Prieske, O., Stien, N., Cumming, K., Solstad, T. E. J., Paulsen, G., van den Tillaar, R., Pedersen, H., & Saeterbakken, A. H. (2022). Comparing the effects of variable and traditional resistance training on maximal strength and muscle power in healthy adults: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 25(12), 1023–1032. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2022.08.009>
- Anderson, C. E., Sforzo, G. A., & Sigg, J. A. (2008). The effects of combining elastic and free weight resistance on strength and power in athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(2), 567-574. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181634d1e>
- Banitalebi, E., Ghahfarrokhi, M. M., & Dehghan, M. (2021). Effect of 12-weeks elastic band resistance training on MyomiRs and osteoporosis markers in elderly women with Osteosarcopenic obesity: a randomized controlled trial. *BMC geriatrics*, 21, 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12877-021-02374-9>
- Berning, J. M., Coker, C. A., & Adams, K. J. (2004). Using chains for strength and conditioning. *Strength and Conditioning Journal*, 26(5), 80–84.
- Blazek, D., Kolinger, D., Petruzela, J., Kubovy, P., Golas, A., Petr, M., Pisz, A., & Stastny, P. (2021). The effect of breathing technique on sticking region during maximal bench press. *Biology of Sport*, 38(3), 445–450. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2021.100362>
- Chen, S.-M., Shen, F.-C., Chen, J.-F., Chang, W.-D., & Chang, N.-J. (2020). Effects of Resistance Exercise on Glycated Hemoglobin and Functional Performance in Older Patients with Comorbid Diabetes Mellitus and Knee Osteoarthritis: A Randomized Trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(1). <https://doi.org/10.3390/ijerph17010224>
- Colado, J. C., García-Massó, X., Pellicer, M., Alakhdar, Y., Benavent, J., & Cabeza-Ruiz, R. (2010). A comparison of elastic tubing and isotonic resistance exercises. *International journal of sports medicine*, 31(11), 810-817. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1262808>
- Daryanti Saragih, I., Yang, Y. P., Saragih, I. S., Batubara, S. O., & Lin, C. J. (2022). Effects of resistance bands exercise for frail older adults: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled studies. *Journal of Clinical Nursing*, 31(1-2), 43-61. <https://doi.org/10.1111/jocn.15950>
- Elnaggar, R. K., Azab, A. R., Alrawaili, S. M., Alhowimel, A. S., Alotaibi, M. A., Abd rabo, M. S., ... & Abd El-nabie, W. A. (2024). Efficacy of accommodating variable-resistance training on muscle architecture, peak torque, and functional performance in patients with juvenile idiopathic arthritis: A randomized controlled trial. *Heliyon*, 10(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27693>
- Fakontis, C., Iakovidis, P., Kasimis, K., Lytras, D., Koutras, G., Fetlis, A., & Algiounidis, I. (2023). Efficacy of resistance training with elastic bands compared to proprioceptive training on balance and self-report measures in patients with chronic ankle instability: A systematic review and meta-analysis. *Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 64, 74–84. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2023.09.009>
- Frost, D. M., Cronin, J., & Newton, R. U. (2010). A biomechanical evaluation of resistance: fundamental concepts for training and sports performance. *Sports Medicine*, 40(4), 303–326. <https://doi.org/10.2165/11319420-000000000-00000>
- Fuentes-García, M. A., Malchrowicz-Moško, E., & Castañeda-Babarro, A. (2024). Effects of variable resistance training versus conventional resistance training on muscle hypertrophy: A systematic review. *Sport Sciences for Health*, 20(1), 37–45. <https://doi.org/10.1007/s11332-023-01103-6>



- Han, K., & Ricard. (2011). Effects of 4 weeks of elastic-resistance training on ankle-evertor strength and latency. *Journal of Sport Rehabilitation*, 20(2). <https://doi.org/10.1123/jsr.20.2.157>
- Hernandez-Lucas, P., Leirós-Rodríguez, R., Lopez-Barreiro, J., & García-Soidán, J. L. (2023). Effects of exercise therapy using elastic bands on strength and pain in women with non-specific neck pain: A randomised controlled trial. *Heliyon*, 9(11), e22237. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22237>
- Israetel, M. A., McBride, J. M., Nuzzo, J. L., Skinner, J. W., & Dayne, A. M. (2010). Kinetic and kinematic differences between squats performed with and without elastic bands. *Journal of strength and conditioning research*, 24(1), 190–194. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31819b7995>
- Iversen, V. M., Vasseljen, O., Mork, P. J., & Fimland, M. S. (2018b). Resistance training vs general physical exercise in multidisciplinary rehabilitation of chronic neck pain: A randomized controlled trial. *Journal of Rehabilitation Medicine: Official Journal of the UEMS European Board of Physical and Rehabilitation Medicine*, 50(8). <https://doi.org/10.2340/16501977-2370>
- Iversen, V. M., Vasseljen, O., Mork, P. J., Gismervik, S., Bertheussen, G. F., Salvesen, Ø., & Fimland, M. S. (2018a). Resistance band training or general exercise in multidisciplinary rehabilitation of low back pain? A randomized trial. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(9). <https://doi.org/10.1111/sms.13091>
- Joshi, S., Kamboj, R., & Pawalia, A. (2022). Effect of interferential therapy and elastic band exercises on subjects with round shoulder and forward head posture: a randomized trial. *Journal of the Dow University of Health Sciences (JDUHS)*, 16(2), 59-65.
- Joy, J. M., Lowery, R. P., Oliveira de Souza, E., & Wilson, J. M. (2016). Elastic Bands as a Component of Periodized Resistance Training. *Journal of strength and conditioning research*, 30(8), 2100–2106. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182986bef>
- Krzysztofik, M., Wilk, M., Wojdała, G., & Gołasz, A. (2019). Maximizing Muscle Hypertrophy: A Systematic Review of Advanced Resistance Training Techniques and Methods. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(24). <https://doi.org/10.3390/ijerph16244897>
- Kim, M., Kuruma, H., & Thawisuk, C. (2021). The use of elastic band exercise as a physical therapy intervention for improving shoulder function in older adults: a scoping review. *Journal of exercise rehabilitation*, 17(5), 313–318. <https://doi.org/10.12965/jer.2142574.287>
- Kwak, C. J., Kim, Y. L., & Lee, S. M. (2016). Effects of elastic-band resistance exercise on balance, mobility and gait function, flexibility and fall efficacy in elderly people. *Journal of physical therapy science*, 28(11), 3189–3196. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.3189>
- LeCerf Paredes, L., Valdés-Badilla, P., & Guzman Muñoz, E. (2022). Efectos del entrenamiento de fuerza sobre la condición física en niños y niñas con sobrepeso y obesidad: una revisión sistemática (Effects of strength training on the fitness in boys and girls with overweight and obesity: a systematic review). *Retos*, 43, 233–242. <https://doi.org/10.47197/retos.v43i0.87756>
- Liao, C. D., Tsauo, J. Y., Chiu, Y. S., Ku, J. W., Huang, S. W., & Liou, T. H. (2020). Effects of Elastic Resistance Exercise After Total Knee Replacement on Muscle Mass and Physical Function in Elderly Women With Osteoarthritis: A Randomized Controlled Trial. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation / Association of Academic Physiatrists*, 99(5). <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001344>
- Lidegaard, M., Jensen, R. B., Andersen, C. H., Zebis, M. K., Colado, J. C., Wang, Y., Heilskov-Hansen, T., & Andersen, L. L. (2013). Effect of brief daily resistance training on occupational neck/shoulder muscle activity in office workers with chronic pain: randomized controlled trial. *BioMed Research International*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/262386>
- Lin, Y., Xu, Y., Hong, F., Li, J., Ye, W., & Korivi, M. (2022). Effects of Variable-Resistance Training Versus Constant-Resistance Training on Maximum Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International journal of environmental research and public health*, 19(14), 8559. <https://doi.org/10.3390/ijerph19148559>
- Lorenz D. S. (2014). Variable resistance training using elastic bands to enhance lower extremity strengthening. *International journal of sports physical therapy*, 9(3), 410–414.
- Madsen, B. K., Sjøgaard, K., Andersen, L. L., Tornøe, B., & Jensen, R. H. (2018). Efficacy of strength training on tension-type headache: A randomised controlled study. *Cephalalgia : an international journal of headache*, 38(6), 1071–1080. <https://doi.org/10.1177/0333102417722521>
- Martins, W. R., de Oliveira, R. J., Carvalho, R. S., de Oliveira Damasceno, V., da Silva, V. Z., & Silva, M. S. (2013). Elastic resistance training to increase muscle strength in elderly: a systematic review



- with meta-analysis. *Archives of gerontology and geriatrics*, 57(1), 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2013.03.002>
- McMaster, D. T., Cronin, J., & McGuigan, M. (2009). Forms of variable resistance training. *Strength & conditioning journal*, 31(1), 50-64.
- Mina, M. A., Blazevich, A. J., Giakas, G., & Kay, A. D. (2014). Influence of variable resistance loading on subsequent free weight maximal back squat performance. *Journal of strength and conditioning research*, 28(10), 2988–2995. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000471>
- Page P. (2011). Effectiveness of elastic resistance in rehabilitation of patients with patellofemoral pain syndrome: what is the evidence?. *Sports health*, 3(2), 190–194. <https://doi.org/10.1177/19417381111398595>
- Ribeiro, C. C., Gómez-Conesa, A., & Montesinos, M. H. (2010). Metodología para la adaptación de instrumentos de evaluación. *Fisioterapia*, 32(6), 264-270.
- Rivière, M., Louit, L., Strokosch, A., & Seitz, L. B. (2017). Variable Resistance Training Promotes Greater Strength and Power Adaptations Than Traditional Resistance Training in Elite Youth Rugby League Players. *Journal of strength and conditioning research*, 31(4), 947–955. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001574>
- Sáez-Michea, E., Alarcón-Rivera, M., Valdés-Badilla, P., & Guzman Muñoz, E. (2023). Efectos de seis semanas de entrenamiento isoinercial sobre la capacidad de salto, velocidad de carrera y equilibrio postural dinámico (Effects of six weeks of isoinertial training on vertical jump performance, running velocity, and dynamic postural balance). *Retos*, 48, 291–297. <https://doi.org/10.47197/retos.v48.95284>
- Siegel, J. A., Gilders, R. M., Staron, R. S., & Hagerman, F. C. (2002). Human muscle power output during upper-and lower-body exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 16(2), 173–178.
- Smith, C. M., Housh, T. J., Hill, E. C., Keller, J. L., Anders, J. P. V., Johnson, G. O., & Schmidt, R. J. (2019). Variable resistance training versus traditional weight training on the reflex pathway following four weeks of leg press training. *Somatosensory & motor research*, 36(3), 223–229. <https://doi.org/10.1080/08990220.2019.1659238>
- Sundstrup, E., Jakobsen, M. D., Andersen, C. H., Bandholm, T., Thorborg, K., Zebis, M. K., & Andersen, L. L. (2014). Evaluation of elastic bands for lower extremity resistance training in adults with and without musculo-skeletal pain. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(5), e353–e359. <https://doi.org/10.1111/sms.12187>
- Van den Tillaar, R., Andersen, V., & Saeterbakken, A. H. (2014). The existence of a sticking region in free weight squats. *Journal of human kinetics*, 42, 63–71. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0061>
- Xiao, C. M., Kang, Y., & Zhuang, Y. C. (2016). Effects of Elastic Resistance Band Exercise on Postural Balance, Estrogen, Bone Metabolism Index, and Muscle Strength of Perimenopausal Period Women. *Journal of the American Geriatrics Society*, 64(6), 1368–1370. <https://doi.org/10.1111/jgs.14172>
- Walker, S., Hulmi, J. J., Wernbom, M., Nyman, K., Kraemer, W. J., Ahtiainen, J. P., & Häkkinen, K. (2013). Variable resistance training promotes greater fatigue resistance but not hypertrophy versus constant resistance training. *European journal of applied physiology*, 113(9), 2233–2244. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2653-4>
- Wallace, B. J., Bergstrom, H. C., & Butterfield, T. A. (2018). Muscular bases and mechanisms of variable resistance training efficacy. *International Journal of Sports Science & Coaching*. <https://doi.org/10.1177/1747954118810240>

Datos de los/as autores/as y traductor/a:

Antonio Rufin-Larraín	antonio.rufin@gmail.com	Autor
Eduardo Guzmán Muñoz	eguzmanm@santotomas.cl	Autor
Mario Terol-Sanchis	mario.guitar892@gmail.com	Autor
Guillermo Méndez-Rebolledo	Guillermomendezre@santotomas.cl	Autor
Carlos Elvira-Aranda	cea.elvi@gmail.com	Autor
José Antonio Pérez-Turpin	jose.perez@ua.es	Autor

