



Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación
Facultad de Artes y Educación Física
Departamento de Kinesiología

Efectividad del entrenamiento de sobrecarga de baja intensidad con oclusión vascular sobre la funcionalidad, fuerza e hipertrofia muscular en adultos mayores: una revisión sistemática y meta-análisis.

Tesis para optar al grado de Licenciado en Kinesiología.

Autores:

- Juan Carlos Araya Zavalla
- Juan Matías Cifuentes Araya
- Joaquín Varas Rojas

Profesor guía:

Joel Álvarez Ruf

Coautor:

Eduardo Quiñelen Rojas

Santiago de Chile, 2017

Tabla de contenido

Abstract.....	1
Background.....	1
Objetivos.....	1
Estrategia de búsqueda.....	1
Criterios de selección.....	2
Recolección y análisis de los datos.....	2
Resultados.....	2
Conclusión de los autores.....	2
Background.....	2
Objetivo.....	7
Metodología.....	8
Protocolo.....	8
Criterios para la evaluación de los estudios incluidos en esta revisión.....	8
Tipos de estudios.....	8
Tipos de participantes.....	8
Tipos de intervención.....	9
Tipos de outcomes.....	9
Métodos de búsqueda para la identificación de los estudios.....	10
Selección de estudios.....	11
Manejo y extracción de datos.....	12
Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios incluidos.....	12

Medición del efecto de tratamiento.....	13
Evaluación de la heterogeneidad	13
Síntesis de datos.....	13
Resultados.....	14
Estudios excluidos	16
Riesgo de sesgo en los estudios incluidos	16
Efectos de intervención.....	19
Síntesis de los datos	23
Discusión	25
Conclusiones.....	29
Anexos.....	30
Estrategia de búsqueda por Base de datos	30
Resumen de las características de los estudios incluidos	32
1) Yokokawa et al., 2008	34
2) Patterson y Ferguson, 2011	36
3) Yasuda et al., 2013.....	38
4) Yasuda et al., 2014.....	40
5) Libardi et al., 2015	41
6) Yasuda et al., 2015.....	43
7) Yasuda et al., 2016.....	45
Datos y análisis	46
Bibliografía.....	47

Abstract

Background

Esta es la primera revisión sistemática y metanálisis sobre la que los autores tienen precedentes en que se evalúe la efectividad del entrenamiento de sobrecarga de baja intensidad con oclusión vascular en la fuerza e hipertrofia muscular en adultos mayores. Anteriores publicaciones han reportado que esta modalidad de entrenamiento logra mejoras significativas en estos parámetros en adultos sanos. La práctica de este tipo de ejercicio podría mejorar los niveles de fuerza e hipertrofia en el adulto mayor, y de esta manera atenuar los efectos adversos sobre la funcionalidad que provoca el declive de estos outcomes, asociado al envejecimiento.

Objetivos

El objetivo primario de esta revisión sistemática es conocer la efectividad del entrenamiento de sobrecarga de baja intensidad con oclusión vascular, comparado con alguna modalidad estándar de entrenamiento, sobre la funcionalidad, fuerza e hipertrofia muscular de adultos mayores de 60 años medicamente estables.

Estrategia de búsqueda.

Se realizó una búsqueda en literatura electrónica en las bases de datos PubMed, Cochrane Library, Scioncedirect y Tripdatabase. Se consideraron estudios publicados desde el inicio al 2016 en español e inglés. Se realizó además una búsqueda en tesis de pre y post grado de la U. Chile y UMCE.

Criterios de selección.

Para la realización de la presente revisión sistemática se desarrolló una estrategia de búsqueda en la cual se seleccionaron ensayos clínicos aleatorizados (ECAs) y/o quasi-aleatorizados, que compararan la aplicación del entrenamiento de sobrecarga de baja intensidad con oclusión vascular con alguna modalidad estándar de entrenamiento de fuerza, que cumplieran con los criterios de elegibilidad.

Recolección y análisis de los datos.

Dos autores independientemente seleccionaron los artículos y abstraieron los datos mediante un formulario (se consideró un tercer autor para resolver las discrepancias). Evaluamos el riesgo de sesgo de los estudios incluidos mediante un análisis descriptivo basado en dominios de sesgo propuesto por la Colaboración Cochrane. Se dio énfasis en la generación de la secuencia de randomización, la ocultación de la asignación, el cegamiento del personal y de quien adjudicó el outcome, como también al reporte selectivo.

Resultados.

Incluimos un total de 7 estudios para su análisis cualitativo (Yokokawa et al., 2008; Yasuda et al., 2013; 2014; 2015; 2016; Libardi et al., 2015; Patterson y Ferguson, 2011) y 3 estudios para su análisis cuantitativo (Yasuda et al., 2013; 2014; Yokokawa et al., 2008). Sólo un estudio evaluó funcionalidad, dando resultados favorables para el grupo experimental (BFR-RT) sólo en el TUGT. Los resultados de fuerza muscular fueron favorables para el grupo de BFR, al igual que los resultados en hipertrofia muscular.

Conclusión de los autores.

El entrenamiento con oclusión vascular en adulto mayor, podría ser un método de entrenamiento eficaz para aumentar la fuerza e hipertrofia muscular ya que en esta revisión se obtuvo una tendencia a favorecer el aumento de fuerza. Se hace necesario que futuras investigaciones mejoren la calidad metodológica de sus estudios y reporten de mejor manera los resultados obtenidos para dilucidar el real efecto de la oclusión vascular en este grupo etario.

Background

El envejecimiento poblacional constituye un fenómeno mundial. En el año 2009 se estimaba que 737 millones de personas tenían 60 años o más, y constituían la “población” adulta mayor del mundo. Se proyecta que esta cifra aumentará a dos billones en 2050. En Chile, se estima que para el año 2020, el 17,3% de la población total corresponderá al grupo de adultos mayores (> 60 años, (SENAMA, 2014)), y esto supone un aumento en el número de casos de personas con restricciones asociadas a fenómenos ligados al envejecimiento (MINSAL, 2014)

Existen numerosas definiciones del envejecimiento, pero, a su vez, es difícil precisar el concepto general del mismo; autores como Lehr (1980), Laforest (1991), Gómez y Curcio (2002) coinciden en tratarlo como un proceso dinámico, multifactorial e inherente a todos los seres humanos. La Organización Mundial de la Salud (OMS) lo define como un "proceso fisiológico que comienza en la concepción y ocasiona cambios en las características de las especies durante todo el ciclo de la vida. En los últimos años de la vida, esos cambios producen una limitación de la adaptabilidad del organismo en relación con el medio. Los ritmos a que esos cambios se producen en los diversos órganos de un mismo individuo o en distintos individuos no son iguales" (OMS, 1974, pág. 12).

Existen diversos cambios fisiológicos en los sistemas de nuestro organismo que se relacionan con el envejecimiento, por ejemplo: en el aparato cardiovascular la función cardíaca en reposo en ancianos sanos no sufre grandes cambios, evaluada como la función sistólica del ventrículo izquierdo (fracción de eyección y/o fracción de acortamiento), volumen diastólico final o volumen sistólico final (Lakatta et al., 2003; Wilson et al., 2010;). Sin embargo, el envejecimiento disminuye la distensibilidad cardíaca, y la respuesta fisiológica del corazón al ejercicio (reserva funcional cardíaca) (Lakatta et al., 2003; Wilson et al., 2010; Wong et al., 2010). La rigidez de la pared ventricular aumenta con la edad. Esto resulta en el aumento de la presión de fin de diástole ventricular en reposo y durante el ejercicio (Wilson et al., 2010; Wong et al., 2010; Xiao f. et al., 2016), con aumento moderado del espesor de la pared ventricular izquierda, observado aun en ausencia de hipertensión arterial u otras causas de aumento en la postcarga (Xiao et al., 2016). A nivel arterial, el aumento de su rigidez es una de las características del envejecimiento. Ocurre como resultado de los cambios

estructurales de la pared arterial, principalmente en las arterias de conducción (diámetro mayor a 300 micrómetros) y puede preceder el desarrollo de hipertensión arterial. (Ribera J. et al., 2006). La disfunción endotelial es otro de los cambios en los vasos sanguíneos que se observan con el envejecimiento (Safar M. 2010).

A nivel cerebral, los cambios en el desempeño cognitivo asociados al envejecimiento, se correlacionan con múltiples cambios morfológicos y funcionales en el sistema nervioso central los que son de gran relevancia biomédica puesto que además de ser muy frecuentes, dependiendo de su magnitud, pueden ser importantes determinantes de discapacidad (Borson S. 2010; Shankar, 2010).

El aparato respiratorio presentara una disminución del compliance de la caja torácica, aumento del atrapamiento aéreo, disminución del VEF1, perdida de tejido de soporte, disminución de la fuerza muscular (Sharmay Goodwin, 2006), disminución de la presión de oxígeno (PO₂), y disminución progresiva de la capacidad de la difusión (Ribera et al., 2006). En el sistema osteoarticular existe una disminución en las propiedades elásticas del cartílago articular y limitación de la capacidad funcional de los tendones (Ribera et al., 2006).

En el aparato nefrourológico Diversos autores han mostrado que el envejecimiento se asocia a la aparición de cambios estructurales y declinación de la función renal (Perico N. et al., 2011) (Zhou et al., 2008). Por último, en la piel existe una menor protección ante agresiones y mayor facilidad para heridas ante pequeños traumatismos (Ribera J. et al., 2006).

El sistema músculoesquelético no queda exento de cambios producto del envejecimiento. Estos ocurren principalmente liderados por una disminución de la masa muscular esquelética, lo que puede conducir a una disminución de la fuerza y funcionalidad (Cruz-Jentoft et al., 2010). En 1989, Rosenberg propuso el término “*sarcopenia*” para describir la pérdida de masa muscular relacionada con la edad. Una definición más actual, es la concebida en el “*European Working Group on Sarcopenia in Older People*”, donde señalan que la sarcopenia es un síndrome caracterizado por una pérdida progresiva y generalizada de masa muscular esquelética y fuerza, con un aumento del riesgo de padecer eventos adversos como discapacidad física, pobre calidad de vida y muerte” (Cruz-Jentoft et al., 2010). Cabe destacar que los individuos tienden a perder masa muscular a una tasa de aproximadamente 1-2% al año después de la edad de 50 años (Buford et al., 2010; Lauretani et al., 2003). Esta

disminución se debe principalmente a la pérdida progresiva y específica de fibras musculares de tipo II y de neuronas motoras (Larsson, Sjodin y Karlsson, 1978; Tomlinson, Irving y Rebeiz, 1973). A esta pérdida de masa muscular, se asocia una caída en los niveles de fuerza, la cual es significativa a partir de los 50 años en mujeres y de los 30 ó 40 años en hombres (Schlüssel et al., 2008; Vianna et al., 2007). Esta reducción ocurre en la fuerza de piernas principalmente, siendo esta pérdida mayor a la que se produce en la fuerza de brazos (Landers et al., 2001). Existe también con esa pérdida la posibilidad de potenciar una disminución del índice metabólico, aumentar la resistencia a la insulina, perder masa ósea, reducir el fitness cardiocirculatorio, disminuir la tolerancia a la glucosa y aumentar la masa grasa, entre otras. (Roig, 2003). Por ende, la disminución de la masa magra es mucho más abarcativa y compleja de lo que se suele pensar, de hecho, una baja fuerza muscular, tanto de piernas como de prensión manual, son predictores fuertes e independientes de mortalidad en personas mayores (Gale et al., 2007) y están asociados con limitaciones de la movilidad (Visser et al., 2005).

No obstante lo mencionado anteriormente, el envejecimiento es un proceso fisiológico influenciado que asume forma negativa si se acelera, o positiva si se retarda. Dentro de los factores que permiten atenuar el declive funcional, está el adaptar conductas como la práctica habitual de ejercicio y el seguimiento de una pauta de alimentación saludable (Castillo-Garzón, Ortega y Ruiz, 2005). La cantidad y calidad del ejercicio necesario para producir mejoras saludables en el adulto mayor diferirá de aquellas que se consideran necesarias en otros grupos poblacionales (Mazzeo y Tanaka, 2001). A pesar de esto, el ACSM recomienda entrenar con cargas superiores al 70% 1RM en adultos (Kraemer et al., 2002) para producir hipertrofia muscular. Además, se sabe que cargas de baja intensidad no son suficientes para inducir adaptaciones musculares estructurales (Campos et al., 2002). El problema surge precisamente en participantes ancianos, ya que se debe tener especial precaución respecto del potencial para provocar lesiones musculoesqueléticas con este tipo de entrenamiento de alta intensidad sugerido por el ACSM.

Durante el año 2000, se conoce la primera investigación clínica relacionada a un nuevo método de entrenamiento realizada por unos japoneses: un entrenamiento de fuerza, combinado con una restricción vascular moderada (Takarada et al., 2000). Como se menciona anteriormente, es un entrenamiento de baja intensidad (20% 1RM) junto con la aplicación de

oclusión vascular, el cual provoca similares resultados que al entrenar con cargas superiores al 70% de 1RM (Madarame et al., 2008; Yasuda et al., 2009). Como su nombre lo indica, este entrenamiento involucra una oclusión parcial del flujo sanguíneo del músculo mediante la aplicación de una banda de restricción en la zona proximal de la extremidad a tratar a presiones determinadas (mmHg). La evidencia sugiere que presiones moderadas entre 160-240 mmHg para EEII, y entre 100-160 mmHg para EESS, son efectivas en la facilitación del reclutamiento de fibras tipo II y aumentar el estrés metabólico durante ejercicios de baja intensidad para varios individuos (Fahs et al., 2012). Con este tipo de entrenamiento, se produce hipertrofia muscular y fuerza muscular a bajas intensidades (20% 1RM) con una moderada oclusión vascular (100 mmHg) (Loenneke et al., 2010), obteniendo altas concentraciones de hormona del crecimiento (GH) en el plasma, y un aumento significativo en la actividad eléctrica muscular (Takarada et al., 2000, 2002), incluso a frecuencias bajas como dos veces por semana (Fahs et al., 2012). Otro efecto producido por este método de entrenamiento es el incremento del área de sección transversal (Yasuda et al., 2005). Los principales mecanismos por los cuales el entrenamiento de oclusión estimula el crecimiento (hipertrofia muscular) son: la acumulación metabólica que estimula un subsiguiente aumento de los factores de crecimiento anabólicos, el reclutamiento de fibras de contracción rápida (FT) y el aumento de la síntesis de proteínas a través de la vía mTOR (Loenneke et al., 2010).

Este tipo de entrenamiento, surge como una posible alternativa al entrenamiento convencional de fuerza en el adulto mayor. La evidencia científica demuestra que la oclusión vascular ha sido utilizado en múltiples y variados tipos de estudios: desde mejorar el rendimiento deportivo en atletas jóvenes (Takarada et al., 2002, Cook et al., 2013), producir una mejora en la compliance venosa en mujeres de 59-76 años no entrenadas (Iida et al., 2011), acelerar la rehabilitación post-quirúrgica de pacientes lesionados (Ohta et al., 2003), hasta para mantener la masa muscular en las personas mayores (Fry et al., 2010). Por lo tanto, este tipo de intervención nos permitiría obtener cambios significativos en fuerza e hipertrofia muscular en adultos mayores, realizando ejercicios de baja intensidad (20% 1RM), evitando un estrés significativo sobre las estructuras musculoesqueléticas, lo que es de gran importancia para este tipo de población asociado además a un bajo costo de implementación.

En concordancia con la estrategia nacional de Salud 2011-2020 para Chile, y su objetivo estratégico N° 4 "Reducir la mortalidad, morbilidad y mejorar la salud de las personas, a lo largo del ciclo vital, con su objetivo estratégico específico "mejorar el estado funcional de las personas mayores" (MINSAL, 2014), suponemos que el aumento de fuerza y masa muscular obtenido gracias a entrenamiento por oclusión vascular en sujetos adultos mayores podría mejorar el estado funcional de las personas mayores, ya que generaría una mayor independencia funcional en estos sujetos que se traduciría en una mejor calidad de vida para estos. Además de reducir la incidencia de contraer patologías musculoesqueléticas, u otras de índole metabólicas.

A la luz de la incertidumbre clínica a la hora de prescribir ejercicios de fuerza al adulto mayor, y de determinar el real efecto de este tipo de entrenamiento en este grupo etario, es que se realiza la siguiente revisión sistemática y meta-análisis, la cual incluyó un total de siete ensayos clínicos aleatorizados (ECA).

Objetivo.

El objetivo primario de esta revisión sistemática es conocer la efectividad del entrenamiento de sobrecarga de baja intensidad con oclusión vascular, comparado con alguna modalidad estándar de entrenamiento, sobre la funcionalidad, fuerza e hipertrofia muscular de adultos mayores de 60 años medicamente estables.

Metodología

Protocolo

Para la realización de la siguiente revisión sistemática, se utilizó la recomendación PRISMA (<http://prisma-statement.org/>)

Criterios para la evaluación de los estudios incluidos en esta revisión

Tipos de estudios

Se incluyeron ensayos controlados aleatorizados (ECA) o quasi-aleatorizados, que evaluaran la fuerza muscular y/o hipertrofia muscular en adultos mayores medicamente estables (Greig et al., 1994) sobre los 60 años. Definimos como ensayos quasi-aleatorizados aquellos en los que la generación de la secuencia de aleatorización fue inadecuada o realizada por un método no probabilístico (es decir, una asignación al azar de acuerdo a números pares o impares, día de la semana, número de identificación o ficha clínica)

Tipos de participantes

Adultos mayores de ambos sexos, sobre los 60 años (SENAMA), sin enfermedades y/o cirugías Cardiovasculares o Musculoesqueléticas ni enfermedades congénitas; definido como "medicamente estables" (Greig et al., 1994).

Criterios de exclusión para definir medicamento estable a sujetos adultos, para participar en estudios clínicos propuesta por Greig.
Historial de infarto miocardio en los 2 años previos.
Enfermedad cardiaca: síntomas de estenosis cardiaca, pericarditis aguda, aneurisma, angina severa, enfermedad valvular clínicamente significativa, disritmia no controlada o claudicación en los últimos 10 años anteriores.
Tromboflebitis o embolo pulmonar en los últimos dos años.
Historial de enfermedad cerebrovascular.
Estado febril agudo en 3 meses previos.
Restricción severa del flujo aéreo.
Enfermedad metabólica no controlada (diabetes, tiroides).
Enfermedad sistémica mayor en los 2 años previos (cáncer, artritis reumatoide).
Desorden emocional significativo, enfermedad psicótica o depresión en últimos 2 años.
Artritis de miembro inferior, clasificada por no poder realizar contracción del miembro inferior sin dolor.
Fractura de miembro inferior mantenida en los 2 años previos, fractura de miembro superior en los 6 meses previos, y no cirugía artroscópica articular de miembro inferior en los 2 años previos.
Cualquier razón por pérdida de movilidad mayor a 1 semana en los 2 meses previos o mayor a 2 semanas en los previos 6 meses.
Presión sistólica en reposo mayor a 200 mmHg o presión diastólica de reposo mayor a 100 mmHg.
Tomando betas bloqueadores o digoxina o no ritmo sinusal.
Analgesia diaria.

Tipos de intervención

El entrenamiento con oclusión vascular es definido como un entrenamiento de fuerza de baja intensidad (20-30% 1RM) acompañado con la restricción del flujo sanguíneo del segmento a intervenir. Incluimos estudios que compararan este tipo de intervención con aquellos que utilizaran ejercicios de fuerza de baja, media o alta intensidad, sin la restricción del flujo sanguíneo, además de aquellos que no realizaron ninguna intervención.

Tipos de outcomes

Se seleccionaron aquellos estudios que incluyeran al menos uno de los outcomes definidos: fuerza muscular (1RM, MVC u otra unidad de evaluación de fuerza), e hipertrofia muscular (CSA, (MRI-imagen).

Outcomes Primarios

Funcionalidad: Independencia entendida como la capacidad de desempeñar las funciones relacionadas con la vida diaria, es decir vivir en la comunidad recibiendo poca o ninguna ayuda de los demás (OMS, "Envejecimiento activo: un marco político" 2002) (TUGT).

Medida con alguna escala de independencia (índice de Barthel (IB), escala de independencia funcional (FIM) o test de habilidad de AVD, como movilidad y transferencias (test timed up and go (TUG), test de marcha 6 minutos (TM6m), entre otros).

Fuerza muscular: Es la cantidad de fuerza generada por una contracción muscular. La fuerza muscular puede ser medida durante contracciones isométricas, isotónicas o isocinéticas, manualmente o usando un aparato como un dinamómetro de fuerza muscular. (Mesh terms, PubMed).

Outcomes Secundarios

Hipertrofia muscular: Aumento general en la masa de un músculo debido a un crecimiento celular o a la acumulación de fluidos y secreciones, no debido a una formación tumoral o a un incremento del número de células (hiperplasia) (Mesh terms, PubMed). Medido a través del área de sección transversal (CSA), por imagenología RNM.

Efectos Adversos: Según reporte del estudio.

Métodos de búsqueda para la identificación de los estudios

Se realizó una búsqueda tanto en literatura electrónica y no electrónica. Se incluyó en la búsqueda ensayos clínicos aleatorizados y quasi-aleatorizados, desde el inicio de los tiempos hasta el año 2016, en idioma inglés y español. La búsqueda final demoró tres meses, desde el día en donde se determinaron las palabras claves, hasta el día de búsqueda y extracción de estudios de las bases de datos (diciembre 2016 - marzo 2017). Se incluyen las fechas de búsqueda de los estudios incorporados en la revisión sistemática.

Búsqueda Electrónica

La búsqueda se realizó en las siguientes bases de datos:

- PubMed (5 marzo 2017)
- Cochrane Library (5 marzo 2017)
- Scencedirect (5 marzo 2017)
- Tripdatabase (6 marzo 2017)

Se realizaron búsquedas avanzadas y se utilizaron las siguientes palabras claves: “resistance training”, “strengthening training”, “kaatsu”, “vascular occlusion”, “vascular restriction”, “blood flow restriction”, “elderly”, “older”, “aging”, “strengthening”, “muscle strength”, “hypertrophy”, utilizando combinaciones con los conectores AND y OR.

Estrategia de búsqueda en PubMed:

#1	Resistance Training
#2	Strengthening Training
#3	#1 OR #2
#4	Kaatsu
#5	Vascular occlusion
#6	Vascular restriction
#7	Blood flow restriction
#8	#4 OR #5 OR #6 OR #7
#9	Aging
#10	Older
#11	Elderly
#12	#9 OR #10 OR #11
#13	Hypertrophy
#14	Muscle strength
#15	#13 OR #14
#16	#3 AND #8 AND #12 AND #15

Otros recursos de búsqueda

A modo de completar y de hacer la búsqueda más exhaustiva, se realizó:

- Búsqueda de artículos incluidos en las referencias bibliográficas que fueran relevantes para nuestro análisis
- Búsqueda en tesis de pre y post grado de la Universidad de Chile y pregrado UMCE (6 marzo 2017).

Selección de estudios

Dos autores de manera independiente (JA y JC) evaluaron los títulos y abstract de los estudios identificados de las búsquedas electrónicas y excluyeron aquellos irrelevantes. Se obtuvieron los full-text de cada estudio y al menos dos de los tres miembros (JA y JC)

evaluaron si cumplían los criterios de elegibilidad. Cualquier desacuerdo entre los autores se llevaba a consenso junto a un tercer investigador (JV).

Manejo y extracción de datos

Dos revisores de manera independiente (JA y JV) extrajeron y registraron los datos en una tabla electrónica a modo de síntesis (Ver anexos). Se resolvieron las discrepancias entre los tres investigadores (JA, JC, JV) y se contactaron autores vía e-mail frente a dudas en la recolección de datos. Ningún autor respondió hasta la fecha.

Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios incluidos

Tres evaluadores (JA, JC, JV) de manera independiente evaluaron el sesgo de los estudios incluidos utilizando la herramienta de colaboración Cochrane para evaluar el riesgo de sesgo (Higgins 2011). Evaluamos el riesgo en las categorías de:

- Generación de secuencia (¿asignación verdaderamente aleatoria?)
- Ocultación de la asignación (¿podría preverse la asignación de grupo y por lo tanto resultar en un sesgo?)
- Cegamiento de participantes y personal (¿podrían los participantes y el personal de atención identificar la asignación de tratamiento?)
- Evaluación de resultados (¿podrían los evaluadores de resultados identificar la asignación de tratamiento?),
- Los datos de los resultados incompletos (¿podría el desgaste o las exclusiones han resultado en sesgo?),
- La notificación selectiva (los autores informaron todos los resultados pre especificados) y
- Cualquier otro riesgo de sesgo.

Reportamos cada categoría de sesgo mediante la clasificación bajo riesgo, alto riesgo o riesgo poco claro. Se resolvieron discrepancias junto a un cuarto investigador (EQ). Se contactó vía e-mail a autores frente a dudas en metodología. Ningún autor respondió hasta la fecha.

Medición del efecto de tratamiento

Utilizamos datos continuos para su análisis. Combinamos en el metanálisis el estimado de cada estudio utilizando diferencia de medias estandarizadas (SMD). No se incluyeron datos dicotómicos.

Evaluación de la heterogeneidad

La heterogeneidad fue evaluada mediante el test I^2 (Higgins, 2011). Este test presenta el porcentaje de variabilidad en el efecto de las estimaciones resultantes de la heterogeneidad, en contraposición al error de muestreo. Definimos $>50\%$ para cuando exista una heterogeneidad significativa, y $<20\%$ para una baja heterogeneidad. Por otro lado, consideramos el valor de $p < 0.10$ como estadísticamente significativo.

Síntesis de datos

Se agruparon las variables continuas mediante el estimador puntual de diferencia de medias estandarizadas (SMD), con modelos de análisis de efectos aleatorios. Utilizamos el intervalo de confianza de 95% (IC) para las estimaciones del efecto del tratamiento. Todos los análisis fueron realizados por medio del software estadístico Review Manager 5.3 de la Colaboración Cochrane.

Resultados

La fecha de búsqueda de los artículos fueron los días 5 y 6 de marzo del 2017, la cual fue realizada por medio de dos investigadores de manera independiente (JA y JC). La estrategia de búsqueda realizada en cada base de datos se adjunta en los anexos de la investigación. Al finalizar cada búsqueda, se realizó un consenso junto a un tercer investigador (JV) para revisar los artículos incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis. Un total de 7 estudios (ECA) fueron incluidos en esta revisión sistemática para su análisis cualitativo y de estos, 3 artículos para meta-análisis. Las búsquedas fueron realizadas en las bases de datos de PubMed, Cochrane Library, Sciencedirect, Tripdatabase y literatura gris (tesis pre y post grado de U. Chile y UMCE). Un total de 850 estudios fueron obtenidos en una primera búsqueda, de los cuales 129 estudios fueron ECA (721 estudios de Tripdatabase no cumplían con las características de ser estudios experimentales). Luego se realizó una segunda búsqueda o screening, incluyendo aquellos estudios relevantes para la revisión según su título y/o abstract. De la base de datos de PubMed, de un total de 46 estudios, se incluyeron sólo 11. En Cochrane, de un total de 7, sólo se incluyeron 2 investigaciones. En Sciencedirect de 49, se obtuvieron 2 estudios y de Tripdatabase, de un total de 27 estudios se seleccionaron sólo 4 artículos. Finalmente, con la aplicación de los criterios de elegibilidad, 6 estudios de la base de datos de PubMed y 1 estudio de Tripdatabase fueron incluidos para el análisis cualitativo final de los datos. Por otro lado, 3 de los 7 estudios fueron seleccionados para realizar metanálisis.

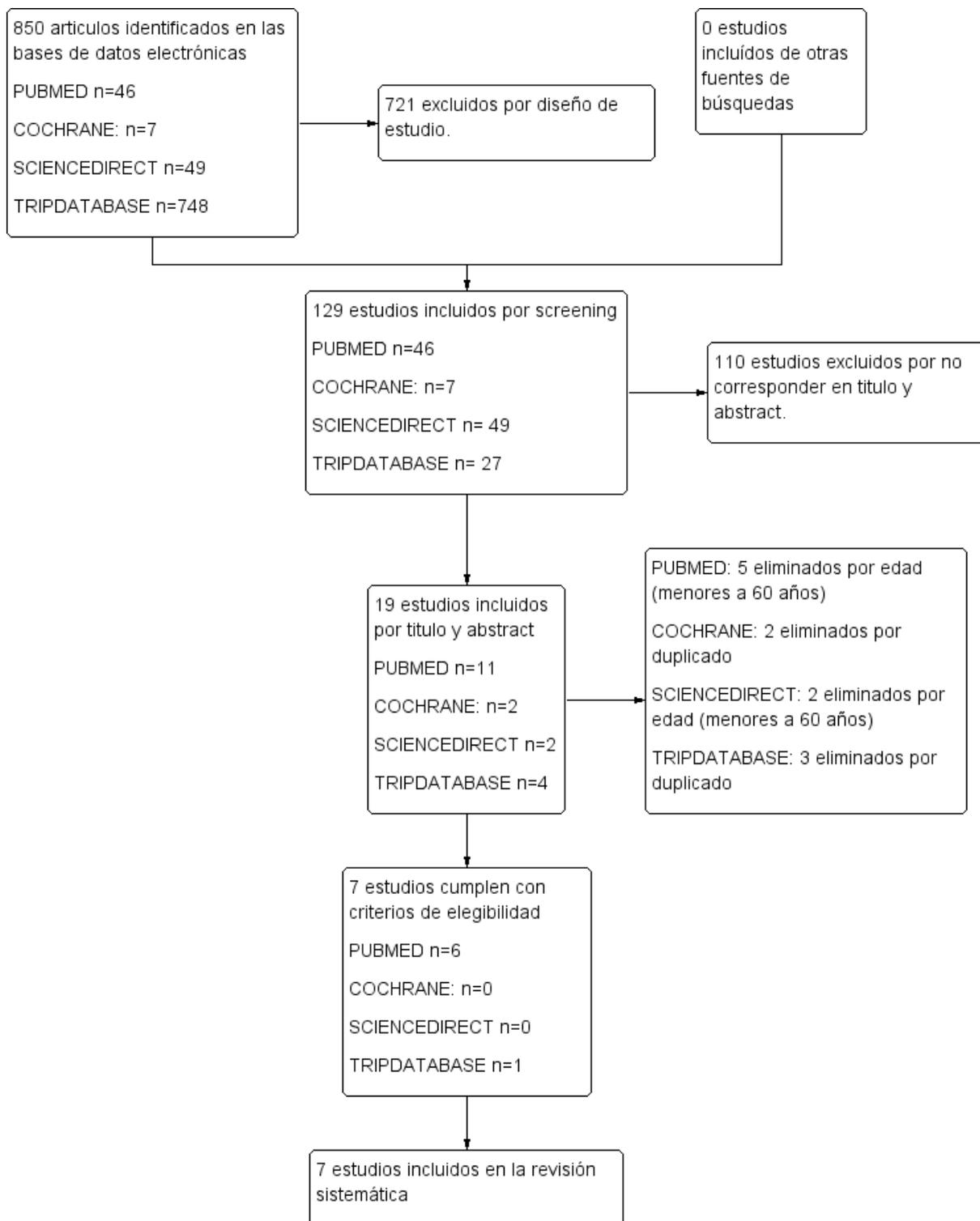


Fig. 1. Diagrama Prisma de selección de estudios

Estudios incluidos

Los estudios incluidos se encuentran entre los años 2008 y 2016 y cumplen con los criterios de elegibilidad de nuestra revisión sistemática. No se encontraron estudios en tesis de pre y post grado de UMCE Y U. de Chile

Estudios excluidos

- PubMed: 35 artículos excluidos por título y abstract, 5 artículos excluidos por edad (<60 años).
- Cochrane Library: 5 artículos excluidos por título y abstract, 2 artículos duplicados
- Sciencedirect: 47 artículos excluidos por título y abstract, 2 descartado por la edad. (<60 años)
- Tripdatabase: 721 estudios excluidos por no ser ECAs, 23 excluidos por título y abstract, y 3 excluidos por duplicado.

Riesgo de sesgo en los estudios incluidos

Asignación y ocultamiento de la secuencia de randomización.

De los siete artículos incluidos, sólo cinco declaran que la asignación fue realizada al azar, los que fueron clasificados como "riesgo poco claro" debido a que no mencionan como se realizó la randomización (Libardi et al., 2015; Yasuda et al., 2013, 2014, 2016; Yokokawa et al. 2008). Los dos estudios restantes (Patterson y Ferguson, 2011; Yasuda et al., 2015), no declaran aleatorización, por lo que fueron clasificados como de "Alto riesgo". En cuanto al proceso de ocultamiento de la asignación, ningún artículo lo menciona, por lo que todos quedaron clasificados como "riesgo poco claro". La justificación por estudio se encuentra adjunta en los anexos.

Cegamiento de los participantes, personal y de quien asigna el outcome.

En el caso del estudio de Patterson y Ferguson (2011), los investigadores conocen la asignación de los participantes ya que ellos mencionan dividirlos, por lo que se utilizó el criterio de "alto riesgo". Los demás artículos no mencionan ningún cegamiento, sin embargo, es poco probable que los estudios este influido por sesgo debido a las características propias de las investigaciones incluidas, por lo que fueron clasificados como "bajo riesgo". Por otro lado, no se pudo determinar el enmascaramiento de los resultados ("Riesgo poco claro") ya que los estudios no abordan ese resultado (Libardi et al., 2015; Patterson y Ferguson, 2011;

Yasuda et al., 2013, 2014, 2015, 2016; Yokokawa et al. 2008). La justificación por estudio se encuentra adjunta en los anexos.

Datos de resultados incompletos.

Todos los estudios muestran sus resultados obtenidos e informan sobre aquellos que perdieron pacientes o datos durante el proceso (Libardi et al., 2015; Patterson y Ferguson, 2011; Yasuda et al., 2013, 2014, 2015, 2016; Yokokawa et al. 2008). La justificación por estudio se encuentra adjunta en los anexos.

Reporte selectivo.

Dos de los estudios fueron clasificados como de "alto riesgo" debido a que omiten información acerca de sus resultados (Libardi et al., 2015; Yasuda et al., 2016). Los demás artículos fueron clasificados como "bajo riesgo" debido a que el protocolo de los estudios está disponible y todos los resultados pre especificados (primarios y secundarios) del estudio que son de interés para la revisión se describieron de una manera pre especificada (Patterson y Ferguson, 2011; Yasuda et al., 2013, 2014, 2015; Yokokawa et al. 2008). La justificación por estudio se encuentra adjunta en los anexos.

Otras potenciales fuentes de sesgo

Uno de los artículos reportó tener un "alto riesgo" al poner otra unidad de medida en los outcomes (Patterson y Ferguson, 2011). Los demás estudios se encuentran libres de otros sesgos. La justificación por estudio se encuentra adjunta en los anexos.

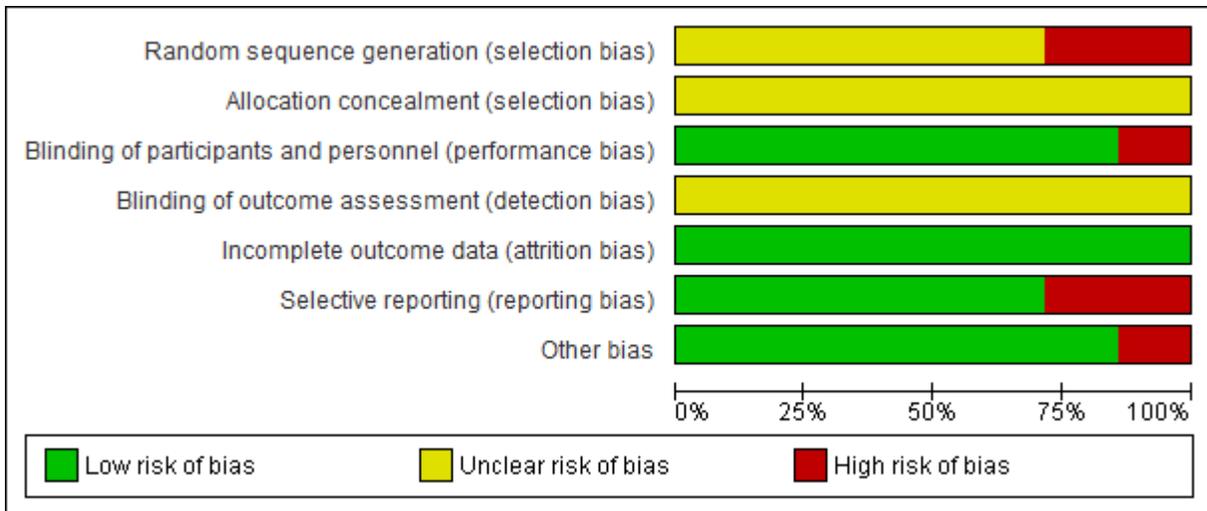


Fig.2. Gráfico de riesgo de sesgo: Juicios de los autores de la revisión sobre cada riesgo de sesgo presentado como porcentajes a través de todos los estudios.

	Random sequence generation (selection bias)	Allocation concealment (selection bias)	Blinding of participants and personnel (performance bias)	Blinding of outcome assessment (detection bias)	Incomplete outcome data (attrition bias)	Selective reporting (reporting bias)	Other bias
Libardi et al., 2015	?	?	+	?	+	-	+
Patterson y Ferguson, 2011	-	?	-	?	+	+	-
Yasuda et al., 2013	?	?	+	?	+	+	+
Yasuda et al., 2014	?	?	+	?	+	+	+
Yasuda et al., 2015	-	?	+	?	+	+	+
Yasuda et al., 2016	?	?	+	?	+	-	+
Yokokawa et al., 2008	?	?	+	?	+	+	+

Fig.3 Resumen del riesgo de sesgos para cada estudio incluido.

Efectos de intervención

Outcomes primarios

a) Funcionalidad

De los siete estudios incluidos para el análisis, solo uno de ellos incluye este outcome mediante la evaluación del performance y el balance (Yokokawa et al., 2008). El performance involucró: test reaction time, test time up and go (TUGT), velocidad marcha 10 metros (Tm10m) y distancia máxima de paso, mientras que el balance fue evaluado por un test de apoyo unipodal. Sólo se mostraron mejoras significativas ($p < 0.001$) para el grupo experimental en la evaluación del TUGT.

b) Fuerza muscular

De los siete estudios, todos incluyeron alguna medición de fuerza muscular (1RM, MVC, entre otros). De los estudios que evalúan 1RM mediante el método de knee extensión, todos aumentaron de manera significativa en comparación al grupo control (Yasuda et al 2013, $p < 0.01$; 2014, $p < 0.001$; Yokokawa et al. 2008, pierna izq. $p < 0.001$ y pierna der. $p = 0.007$). En un estudio incluido (Yasuda et al., 2016), si bien aumentó a favor del grupo experimental y al grupo MH-RT, los resultados no fueron significativos para ningún grupo de intervención (BFR-RT $p = 0.076$, MH-RT $p = 0.605$ y CTRL $p = 0.998$). De los estudios evaluados por leg press, cuatro estudios arrojaron resultados significativos versus control (Yasuda et al 2013, $p < 0.01$; 2014, $p < 0.001$; 2016, $p < 0.001$ para BFR-RT y MH-RT; Libardi et al 2011, CT $p < 0.001$ y BFR-CT $p = 0.001$). Otro estudio evaluó flexión plantar, en el cual se obtuvieron resultados significativos a favor del grupo experimental (Patterson y Ferguson 2011, $p < 0.05$). Un estudio que incluyó la intervención en extremidad superior, obtuvo resultados positivos, pero no significativos para prensión de mano (Yokokawa et al. 2008).

Tres estudios evaluaron fuerza muscular en MVC. De ellos, ambos fueron significativos a favor del grupo experimental (Patterson y Ferguson 2011, $p < 0.05$; Yasuda et al 2015, $p = 0.008$ flexión de codo y $p = 0.013$ extensión de codo; 2016, $p = 0.028$ knee extensión).

Por otro lado, un estudio arrojó sus resultados en la medición de torque isocinético a los 30-60 y 120°, el cual arrojó resultados significativos a favor del grupo experimental solo a los

30° (Patterson y Ferguson 2011, $p < 0.05$)(aunque este estudio debe ser analizado con cautela debido al alto sesgo en la generación de la secuencia).

Outcomes secundarios

c) Hipertrofia muscular

De los siete estudios incluidos, solo cinco evaluaron la hipertrofia muscular, la cual fue medida a través del área de sección transversal (CSA) en diferentes grupos musculares tanto de EEII como de EESS. Cuatro estudios evaluaron CSA de cuádriceps, dando resultados significativos en todos ellos a favor del grupo experimental (Yasuda et al 2013, $p < 0.01$; 2014, $p < 0.001$; 2016, $p < 0.001$ para BFR-RT, no MH ($p = 0.871$); Libardi et al 2011, $p < 0.0001$ para BFR-CT y CT). Un estudio arrojó resultados significativos a favor del grupo experimental para los aductores (Yasuda et al 2013, $p < 0.05$), y dos para el glúteo mayor (GM) (Yasuda et al 2013, $p < 0.05$; 2014, $p = 0.019$). No existen cambios significativos para isquiotibiales. Finalmente, un estudio evaluó el CSA de flexores y extensores de codo, dando resultados significativos a favor del grupo experimental (Yasuda et al 2015, $p < 0.01$)

d) Efectos Adversos

Ningún estudio reporta haber tenido efectos adversos en los pacientes evaluados.

Variable	Estudio	Medida de resultado	Grupo BFR-RT		Grupo Comparación		Grupo Sin intervención	
			Pre	Post	Pre	Post	Pre	post
Fuerza muscular								
Leg press	Libardi et al., 2011	% de cambio (pre a post)	-	35.4%	-	38.1%	-	-4.3%
	Yasuda et al., 2013	Media +/- DE (1RM, kg)	145±47	191±56	-	-	143±56	142±51
	Yasuda et al., 2014	Media +/- DE (1RM, kg)	146±50	191±60	-	-	160±49	158±44
	Yasuda et al., 2016	Media sin DE (tamaño efecto)	-	0.74	-	0.79	-	0.10
Knee extension	Yokokawa et al., 2008	Media +/- DE (1RM, kg)	Izq 21,1 ± 7,4; Der 23,1 ± 7,2	Izq 25,4 ± 8,2; Der 24,7 ± 8,1	Izq 21,4 ± 6,9; Der 22,1 ± 6,1	Izq 20,6 ± 5,8; Der 20,9 ± 6,1	-	-
	Yasuda et al., 2013	Media +/- DE (1RM, kg)	50±20	64±26	-	-	52±26	55±27
	Yasuda et al., 2014	Media +/- DE (1RM, kg)	53±20	66±27	-	-	61±23	63±24
	Yasuda et al., 2016	Media sin DE (tamaño efecto)	-	0.29	-	0.11	-	0.05
Flexión plantar	Patterson y Ferguson 2011	Media +/- DE (kg, N/m, N/m)	1RM 148 ± 25 MCV 85 ± 20 Torque 30° 83±27; 60° 62 ±21; 120° 41±16	1RM 168±25 MCV 100±26 Torque 30° 96±21; 60° 69±18; 120° 45±16	-	-	1RM 150±25 MCV 92±26 Torque 30° 92±25; 60° 66±19; 120° 43±15	1RM 155±25 MCV 95±25 Torque 30° 92± 26; 60° 69±20; 120° 44±15
Flx-Ext Codo	Yasuda et al., 2015	% de cambio (pre a post)		Flexores 7.8% Extensores 16.1%	-	-	-	No menciona datos cuantitativos
Prensión Mano	Yokokawa et al., 2008	Media +/- DE (1RM, kg)	Izq 25,4 ± 6,9; Der 26,6 ± 8,1	Izq 26,7 ± 8,6; Der 27,7 ± 9,5	Izq 25,3 ± 6,4; Der 27,0 ± 7,2	Izq 26,0 ± 7,9; Der 27,0 ± 6,8	-	-

Tabla 1. Resultados de fuerza muscular

Variable	Estudio	Medida de resultado	Grupo BFR-RT		Grupo Comparación		Grupo Sin intervención	
			Pre	Post	Pre	Post	Pre	post
Hipertrofia muscular								
CSA cuádriceps	Libardi et al., 2011	% de cambio (pre a post)	-	7.6%	-	7.3%	-	-2.2%
	Yasuda et al., 2013	Media +/- DE (CSA, MRI cm2)	44±9.5	45.1±9.4	-	-	43.5±9.5	42.7±9
	Yasuda et al., 2014	Media +/- DE (CSA, MRI cm2)	45.8±10,0	49.1±9.6	-	-	45.8±9.1	44.7±8.9
	Yasuda et al., 2016	Media sin DE (tamaño efecto)	-	0.38	-	0.09	-	-0.15
CSA isquiotibiales	Yasuda et al., 2013	Media +/- DE (CSA, MRI cm2)	21.1±4.6	21.1±4.1	-	-	19.9±3.6	20.3±3.6
	Yasuda et al., 2014	Media +/- DE (CSA, MRI cm2)	22.4±5.9	22.1±4.8	-	-	20.5±3.6	20.8±3.6
	Yasuda et al., 2016	Media sin DE (tamaño efecto)	-	0.03	-	-0.02	-	-0.25
CSA Aductores	Yasuda et al., 2013	Media +/- DE (CSA, MRI cm2)	22.2±8.4	22.6±8.2	-	-	21.2±8.6	21.0±8.6
	Yasuda et al., 2014	Media +/- DE (CSA, MRI cm2)	23.0±9.0	24.2±8.4	-	-	22.5±9.2	20.8±3.6
	Yasuda et al., 2016	Media sin DE (tamaño efecto)	-	-0.05	-	0.10	-	-0.23
CSA Glúteo Mayor	Yasuda et al., 2013	Media +/- DE (CSA, MRI cm2)	22.2±8.4	22.6±8.2	-	-	21.2±8.6	21.0±8.6
	Yasuda et al., 2014	Media +/- DE (CSA, MRI cm2)	38.4±7.3	40.8±7.0	-	-	37.6±7.1	36.5±7.7
	Yasuda et al., 2016	Media sin DE (tamaño efecto)	-	0.14	-	0.11	-	-0.01
Flexión -Extensión codo	Yasuda et al., 2015	Media +/- DE (CSA, MRI cm2)						

Tabla 2. Resultados de Hipertrofia muscular

Síntesis de los datos

Fuerza muscular en Knee Extension

La fuerza muscular fue registrada por los 7 estudios, sin embargo, sólo tres estudios fueron reportados correctamente para el metanálisis de 1RM para knee extension (Yasuda et al., 2013; 2014; Yokokawa et al., 2008). Diferencia de Media estandarizada de 0.43 kg (IC 95% -0.02 a 0.88; P value 0.06, $I^2 = 0\%$; $\text{Chi}^2 = 0.77$, P value=0.68, random-effect analysis).

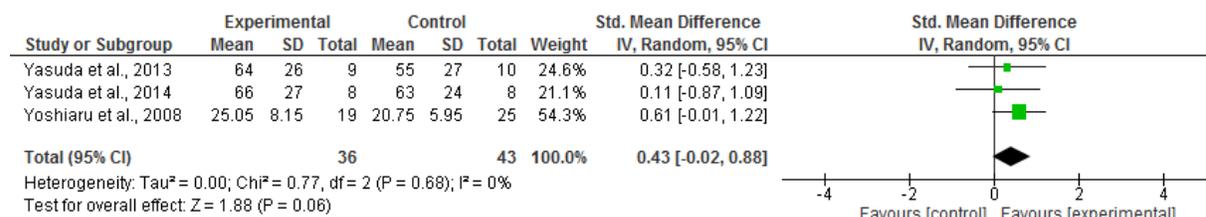


Fig. 4. Forest plot de comparación: 1 EXP vs CTRL, outcome: 1RM knee extensión.

Fuerza muscular en Leg press

La fuerza muscular fue registrada por los 7 estudios, sin embargo, sólo dos estudios fueron reportados correctamente para el metanálisis de 1RM para leg press (Yasuda et al., 2013; 2014). Diferencia de Media estandarizada de 0.74 kg (IC 95% 0.05 a 1.43; P value 0.04, $I^2 = 0\%$; $\text{Chi}^2 = 0.15$, P value=0.69, random-effect analysis).

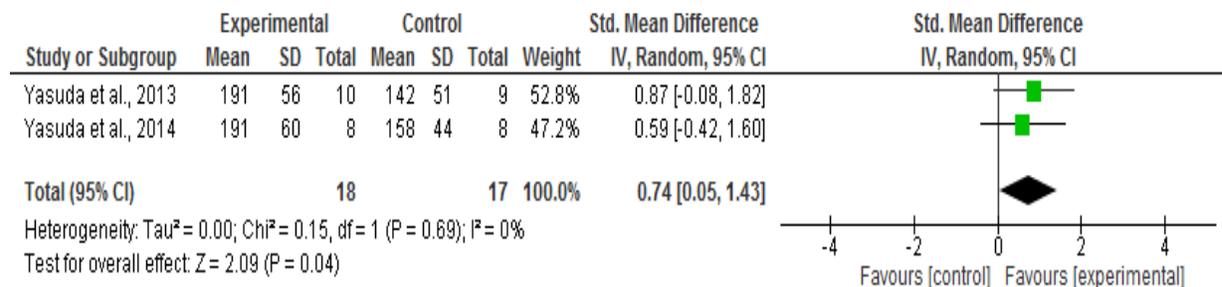


Fig. 5, Forest plot de comparación: 1 Exp vs ctrl, outcome: 1RM leg press.

Hipertrofia muscular

CSA cuádriceps (CSAq)

La hipertrofia muscular fue registrada por 5 estudios, sin embargo, sólo dos estudios fueron reportados correctamente para el metanálisis de CSAq (Yasuda et al., 2013; 2014). Diferencia de Media estandarizada de 0.34 cm² (IC 95% -0.33 a 1.01; P value 0.32, I² = 0%; Chi² =0.08, P value=0.77, random-effect analysis).



Fig. 6, Forest plot de comparación: EXP vs CTRL, outcome: CSAq.

CSA Glúteo mayor (CSAgmáx)

La hipertrofia muscular fue registrada por 5 estudios, sin embargo, sólo dos estudios fueron reportados correctamente para el metanálisis de CSA gmáx (Yasuda et al., 2013; 2014). Diferencia de Media estandarizada de 0.60 kg (IC 95% -0.08 a 1.28; P value 0.08, I² = 0%; Chi² =0.02, P value=0.90, random-effect analysis).



Fig. 7, Forest plot de comparación: 1 Exp vs ctrl, outcome: CSA gmax.

Discusión

Para lograr un aumento en la fuerza e hipertrofia muscular en la población adulta es necesario realizar ejercicios con cargas mayores a un 70% de 1 RM, según las recomendaciones del Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM, 2009). Sin embargo, entrenar a un adulto mayor con cargas iguales o mayores al 70% de 1 RM podría aumentar el número de lesiones musculoesqueléticas producto de este tipo de intervención. (ACSM, 2009)

A su vez, ensayos clínicos aleatorizados (ECAs) realizados anteriormente sugieren que se pueden lograr aumentos de fuerza e hipertrofia muscular cuando se utiliza oclusión vascular asociado a un entrenamiento de bajas cargas de intensidad (20% 1RM) (Takarada et al. 2000; Abe et al. 2006; 2010; Madarame et al. 2008; Yasuda et al. 2010; Kacin and Strazar 2011). A pesar de que este tipo de entrenamiento ha mostrado ser potencialmente beneficioso en distintas poblaciones, desde atletas jóvenes que buscan incrementar su rendimiento deportivo (Takarada et al., 2002), hasta en patologías como la dermatomyositis y la polymyositis (Mattar et al., 2014), el efecto de la oclusión vascular en la población adulto mayor no ha sido lo suficientemente estudiado y las investigaciones que han determinado su efecto presentan ciertas limitaciones metodológicas lo que dificulta, a su vez, la evaluación de sesgos de los estudios incluidos en esta revisión y la inclusión de artículos a la síntesis cuantitativa, razón por la cual son necesarias más investigaciones acerca del efecto del entrenamiento con oclusión vascular en adultos mayores que cumplan con estándares de calidad metodológica, que posean poco riesgo de sesgo y tengan mejores reportes acerca de los protocolos de prescripción de los ejercicios utilizados. También se hacen necesarios seguimientos temporales más largos (mayor a 12 semanas) de los outcomes clínicamente relevantes para discutir en detalle los beneficios potenciales de esta intervención.

Ninguno de los estudios incluidos reporta alcances en cuanto a la seguridad de la aplicación de este tipo de entrenamiento en el adulto mayor, ni tampoco existen consideraciones específicas para este tipo de población.

Por otro lado, gran parte de los estudios agregados en esta revisión, tuvieron como población objetivo adultos mayores japoneses, lo que, por contexto y diferencias en estilos de vida con la población occidental, limitan la aplicabilidad de los resultados a otras poblaciones de adultos mayores, por lo que se sugieren nuevas investigaciones de este tipo de entrenamiento en adultos mayores en Chile. A su vez, también sería importante conocer el efecto de esta intervención en adultos mayores con enfermedades crónicas no transmisibles como también un correcto seguimiento y reporte de posibles efectos adversos asociados a esta intervención.

A continuación, se discutirán con mayor detalle los principales parámetros estudiados en esta revisión sistemática.

Funcionalidad

La disminución de la masa muscular en el adulto mayor, puede conducir a múltiples deterioros desde pérdidas de fuerza (Larson et al., 1978), limitaciones de la movilidad (Visser et al., 2005), pérdida de la funcionalidad (Cruz J. et al., 2010), hasta predictores de mortalidad para este grupo etario (Gale et al., 2007). A pesar de esto, se desconoce el real impacto del entrenamiento de fuerza muscular sobre la funcionalidad, por lo que se sugieren futuras investigaciones que determinen cuales son los outcomes que influyen de mayor forma a la hora de querer obtener efectos significativos sobre la funcionalidad del adulto mayor.

Solo un estudio de los incluidos en la revisión sistemática, reportó resultados acerca de la funcionalidad, mediante la evaluación de la performance y balance (Yokokawa et al., 2008), siendo que, el principal objetivo al trabajar fuerza muscular en este grupo etario, es obtener mejoras en funcionalidad y un tamaño de efecto beneficioso sobre la calidad de vida del adulto mayor. Sin embargo, el aumento de la fuerza muscular en el adulto mayor con BFR y el efecto que pudiese tener este sobre la funcionalidad del adulto mayor, podría estar sobreestimado, ya que al comparar el grupo experimental con el control, dio como resultado un cambio significativo solamente para el Test Up and Go, pero no para otra serie de pruebas funcionales como el test de tiempo de reacción, velocidad de marcha en 10 metros, distancia máxima de paso y test de apoyo unipodal, razón por la cual se sugiere realizar más investigaciones que evalúen el impacto del BFR sobre este outcome en el adulto mayor.

Fuerza muscular

La revisión sistemática de oclusión vascular en adultos sanos realizada por Slys (Slys et al., 2015), postula que un entrenamiento de fuerza de baja intensidad junto con la restricción del flujo sanguíneo requeriría un tiempo mínimo de 6 semanas para poder inducir cambios significativos en la fuerza muscular. Esto iría en concordancia con el periodo de adaptación muscular propuesto por Loenneke (Loenneke et al 2010). En contraste, el estudio de Patterson y Ferguson (2011) se plantea que se podría obtener ganancias significativas en fuerza muscular (1RM) con tan sólo 4 semanas de intervención. Debido a esto, se sugiere realizar investigaciones que evalúen los efectos de este tipo de entrenamiento en fuerza muscular con un seguimiento sobre las 6 semanas, para que los resultados obtenidos no estén sesgados por adaptaciones neuromusculares. Además, existe incertidumbre respecto a si existen presiones de cuff que provoquen mayores o menores aumentos de fuerza muscular en la población adulto mayor, como las que propone en su revisión sistemática de oclusión vascular para la población adulta Slys (Slys et al., 2015), en la que señala que presiones mayores de 150 mmHg provocarían mayores aumentos de fuerza muscular. Además, se sugiere estudiar el efecto de este entrenamiento a distintas intensidades en el adulto mayor.

Hipertrofia muscular.

La evidencia en la presente revisión sugiere que un entrenamiento de fuerza de baja intensidad junto con la restricción del flujo sanguíneo produce una tendencia a favor del aumento del tamaño muscular en cuádriceps y glúteo mayor cuando los periodos de entrenamiento fueron mayores a 12 semanas de entrenamiento con presiones de cuff entre 120-270 mmHg. Se sugiere a futuros estudios investigar si a presiones mayores de 150 mmHg en adulto mayor, se produce mayor aumento en tamaño muscular que presiones menores de 150mmHg, tal como lo sugiere la revisión sistemática de Slys (Slys et al., 2015) para la población adulta. Además, es necesario investigar el impacto del aumento de masa muscular en el adulto mayor sobre las comorbilidades asociadas al envejecimiento.

Al igual que los resultados obtenidos en nuestra revisión, Martín- Hernández (2011), concluyó que el entrenamiento oclusivo ha mostrado ser un método eficaz para el incremento del AST, tanto en individuos sanos sedentarios, físicamente activos y deportistas, como en personas mayores e individuos en período de rehabilitación. Los principales mecanismos propuestos

como mediadores de esta adaptación son la acumulación metabólica de cargas ácidas y la señalización celular de la vía mTOR, aunque no debe descartarse la contribución de procesos inflamatorios o edematosos. Es por esto que se sugiere realizar estudios para evaluar los efectos de este tipo de entrenamiento sobre la hipertrofia muscular en el adulto mayor con un seguimiento sobre las 12 semanas, para que los resultados obtenidos no sean confundidos con adaptaciones neuromusculares agudas al ejercicio.

Conclusiones

Implicaciones para la práctica clínica e investigación.

El entrenamiento de fuerza de baja intensidad con oclusión vascular en adulto mayor, podría ser un método de entrenamiento alternativo para aumentar la fuerza e hipertrofia muscular. Este tipo de entrenamiento podría ofrecer beneficios potenciales para este grupo etario.

Esta revisión sistemática presenta outcomes primarios importantes de analizar. Con respecto a la fuerza muscular, se obtuvo una tendencia a favorecer su aumento en presencia de oclusión vascular, al realizar ejercicios de leg press y knee extension a bajas intensidades. Con respecto a la funcionalidad, sólo fue evaluada en un estudio, la cual presentó diferencias significativas para TUG pero no para otras pruebas funcionales. Sería importante investigar el real efecto de la oclusión vascular en adulto mayor sobre este outcome en futuras investigaciones. En cuanto a hipertrofia muscular, también hubo tendencia a un mayor efecto en el grupo experimental para los músculos cuádriceps y glúteo mayor.

Se hace necesario mejorar la calidad metodológica de futuras investigaciones y que reporten de manera minuciosa la metodología y resultados obtenidos, para facilitar el análisis de su replicabilidad. Además, se sugiere que los tamaños muestrales sean mayores y que realicen seguimientos temporales mayores de 12 semanas para saber el efecto real de este tipo de intervención en el adulto mayor.

Anexos

Estrategia de búsqueda por Base de datos

Cochrane, PubMed y Tripdatabase

(((((resistance training)) OR (strengthening training))) AND (((kaatsu)) OR (Vascular occlusion)) OR (vascular restriction)) OR (blood flow restriction))) AND (((elderly)) OR (older)) OR (aging))) AND (((hypertrophy)) OR (muscle strength))

Pubmed

#1	Resistance Training
#2	Strengthening Training
#3	#1 OR #2
#4	kaatsu
#5	vascular occlusion
#6	vascular restriction
#7	blood flow restriction
#8	#4 OR #5 OR #6 OR #7
#9	Aging
#10	older
#11	elderly
#12	#9 OR #10 OR #11
#13	Hypertrophy
#14	muscle strength
#15	#13 OR #14
#16	#3 AND #8 AND #12 AND #15

Cochrane Library

#1	"Resistance Training"
#2	"Strengthening Training"
#3	#1 OR #2
#4	Kaatsu
#5	"vascular occlusion"
#6	"vascular restriction"
#7	"blood flow restriction"
#8	#4 OR #5 OR #6 OR #7
#9	Aging
#10	older
#11	elderly
#12	#9 OR #10 OR #11
#13	Hypertrophy
#14	"muscle strength"
#15	#13 OR #14
#16	#3 AND #8 AND #12 AND #15

Scimedirect

(((((("resistance training")) OR ("strengthening training")))) AND (((((kaatsu)) OR ("Vascular occlusion")) OR ("vascular restriction")) OR ("blood flow restriction")))) AND (((((elderly)) OR (older)) OR (aging))) AND (((hypertrophy)) OR ("muscle strength"))

Resumen de las características de los estudios incluidos

Estudio	Diseño de estudio	N° de pacientes	Rango edad	Criterios de inclusión/exclusión	Seguimiento
Yokokawa et al., 2008	ECA	51	65 años o más	<p>Vivir en la prefectura de Nagano. En una primera etapa se excluyeron 350 participantes por cuidado de enfermeros, hospitalizaciones o muerte. En junio de 2014 con los restantes 1864 personas se les explica una descripción del programa de entrenamiento hecha por voluntarios de la salud. Se obtuvo 87 voluntarios al momento del anuncio del estudio (4.7%)</p> <p>Los criterios de exclusión fueron: 1) Incapaz de participar en sesiones de entrenamiento por 8 semanas. 2) Dolor de articulación o muscular producto del ejercicio diario 3) Hipertensión no controlada (mayor a 160 la sistólica o 100 diastólica) 4) Condiciones inflamatorias crónicas 5) Parálisis severa, degeneración articular, artralgia en articulaciones y sujetos con riesgo de trombosis venosa profunda o sospecha de enfermedad cardiovascular.</p>	8 semanas
Patterson y Ferguson, 2011	ECA	10	67 +/- 3 años	<p>Voluntarios a participar en el estudio, seleccionados por el criterio de exclusión definidos por Greig et al (1994) como paciente medicamente estable. Todos los pacientes eran físicamente activos realizando actividades como caminar, trotar, etc. Se excluyó a cualquier participante que realizara ejercicios de fuerza en el corto plazo.</p>	4 semanas
Yasuda et al., 2013	ECA	19	61 - 84 años	<p>Voluntarios, medicamente estables (Greig et al., 1994), no haber participado en ningún entrenamiento de fuerza en al menos 3 años previo al estudio.</p> <p>Exclusión: HTA severa, desordenes ortopédicos, TVP, EVP o disfunción cognitiva.</p>	12 semanas
Yasuda et al., 2014	ECA	16	61 - 78 años	<p>Mismos criterios de inclusión que el estudio del mismo autor (Yasuda et al., 2013)</p>	12, 24 semanas

Yasuda et al., 2015	ECA	17	61 - 85 años	Incluyeron cualquier participante médicamente estable. Criterios de exclusión: presión mayor a 160 MmHg, índice de masa corporal mayor a 30 kg/m2, historia de anemia, enfermedad cerebrovascular, infección al miocardio y cirugía artroscópica articular. Además, voluntarios que sufrieron una enfermedad crónica como una severa hipertensión (mayor a 170/110) un desorden ortopédico una trombosis venosa profunda o enfermedad vascular periférica fueron excluidos del estudio. Ninguno de los participantes del estudio estuvo sometido a entrenamiento de fuerza en los 6 meses previos al estudio	12 semanas
Libardi et al., 2015	ECA	25	>60 años	Criterios de inclusión 1) Ser considerado sedentario o activo irregular concorde al cuestionario internacional de nivel de actividad física 2) Estar libre de enfermedades cardiovasculares o neuromusculares. 3) No estar clasificado como obeso o IMC mayor a 30 kg x m 2	12 semanas
Yasuda et al., 2016	ECA	30	61-86 AÑOS	Mismos criterios que el estudio anterior de Yasuda et al., 2015.	12 semanas

Características de los estudios incluidos y riesgo de sesgo

1) Yokokawa et al., 2008

Métodos	<p>Diseño: ECA</p> <p>Duración: 8 semanas</p> <p>Método de aleatorización: no menciona</p>
Participantes	<p>51 adultos mayores sanos, asignados aleatoriamente en dos grupos: LIO (N=24) y DBE (N=27)</p>
Intervenciones	<p>Intervención: DBE (dynamic balance exercise), LIO (low intensity occlusion).</p> <p>DBE: 1 vez por semana, durante 8 semanas, 90 minutos), movimientos simétricos y asimétricos; alcances frontales y laterales, pasos frontales y laterales, pararse y caminar en una menor base de sustentación, aumentando complejidad de tareas diarias, y fortalecimiento funcional de tobillo.</p> <p>LIO: 2 veces por semana, durante 8 semanas, 45 minutos) media sentadilla, estocada frontal, calf raises, levantamiento de rodillas, crunches y flexión y extensión de rodillas en posición sentado. 1º sem. (5 set de 10 repeticiones de los 6 movimientos) 2º - 6º semanas (3 set de 10 repeticiones de los 6 movimientos, descanso 5 minutos, 2 set de 10 repeticiones de los 6 movimientos) 5º semana (4 set de 10 repeticiones de los 6 movimientos) 6º - 8º semana (3 set de 15 repeticiones de los 5 movimientos, con break de 20 segundos entre sets).</p>
Outcomes	<p>Fuerza muscular:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apretón manos (dinamómetro) - Isométrico de extensión de rodilla (con dinamómetro GT-30)
Notas	<p>1RM dinamómetro prensión mano y knee extensión (extensión de rodilla).</p> <p>Presión inicial 70 mmHg. La máxima presión se ajustó a 1.2 veces la presión sistólica del sujeto, o subjetivamente según nivel de tolerancia</p>

Tipo de Sesgo	Riesgo de sesgo	Justificación
Generación de secuencia	Riesgo poco claro	Menciona aleatorización, pero no cómo se realizó.
Ocultación de la asignación	Riesgo poco claro	El método de ocultación no se describe acabadamente.
Cegamiento de participantes y personal	Bajo riesgo	Menciona “un kinesiólogo y una enfermera sirvieron como instructores del programa de tratamiento...”
Evaluación de resultados	Riesgo poco claro	El estudio no abordó este resultado.
Los datos de los resultados incompletos	Bajo riesgo	Reportan todos aquellos datos incompletos en el transcurso de la investigación
Notificación selectiva	Bajo riesgo	El protocolo del estudio está disponible y todos los resultados primarios y secundarios se describieron adecuadamente.
Otro riesgo de sesgo	Bajo riesgo	-

2) Patterson y Ferguson, 2011

Métodos	<p>Diseño: estudio experimental</p> <p>Duración: 4 semanas</p> <p>Método de randomización: no describe</p>
Participantes	<p>País: no menciona</p> <p>10 adultos mayores voluntarios (2 mujeres, 8 hombres, de 67 ± 3 años). Físicamente activos (caminar, trotar o jardinear al menos 2 -3 v x sem. 30 min), pero no realizar un entrenamiento de fuerza específico. Fueron seleccionados de acuerdo a los criterios de exclusión usados para definir como adulto mayor "medicamente estable" (Greig et al., 1994)</p>
Intervención	<p>Grupo experimental (n=5): entrenamiento de fuerza de baja intensidad con restricción del flujo sanguíneo (EFBI con RFS) (<25% 1RM). Control (n=5): EFBI sin RFS (<25% 1RM).</p> <p>3 Sesiones x semana durante 4 semanas, evaluación y entrenamiento pre-estudio: 3-5 días antes. Mediciones finales: 3-5 días post entrenamiento. Medición: dinamómetro isocinético</p> <ul style="list-style-type: none"> • MCV: 0°, 2-3s • Torque: fase concéntrica, (30, 60, and 120°/s). • 1RM: leg press machine, 80% 1RM e incrementando 5% aproximadamente hasta fallar. <p>Entrenamiento: evaluaciones y entrenamiento en ambas piernas, 5 entrenando pierna dominante y 5 no dominante.</p> <p>Protocolo entrenamiento: ejercicio de fuerza para flexión plantar al 25% 1RM, como se realizó en un previo estudio (Patterson y Ferguson, 2010). Después del calentamiento que consistía en 2 series de 10 contracciones de flexión plantar dinámica <20% 1RM, los participantes realizaron ejercicios de flexión plantar en una sola pierna usando el mismo leg press utilizado para el test de fuerza 1RM dinámico. Para toda la serie de entrenamientos, la pierna con restricción del flujo fue entrenada primero; los participantes completaron tres sets de ejercicios hasta el punto de falla con 1 minuto de descanso entre sets. La oclusión vascular a los 110 mmHg fue mantenida durante los tres sets, incluyendo el periodo de descanso, lo que resultó en un periodo de 5-8 min de restricción. Luego del ejercicio de restricción, se tomaron 3 minutos antes de entrenar la pierna bajo condiciones de flujo sanguíneo normal, en la cual se repitieron la misma cantidad de ejercicios que los realizados bajo restricción del flujo. El 1RM de cada pierna fue reevaluada después de 2 semanas de entrenamiento, y las cargas fueron ajustadas para mantener la intensidad de entrenamiento requerida.</p>
Outcomes	<p>Fuerza flexión plantar, 1RM (kg), MCV (N/m), torque isocinético(N/m))</p>
Notas	<p>Instrumento de medición de outcomes: CSA (MRI imaging), 1RM (knee extension y leg press machine)</p>

Tipo de Sesgo	Riesgo de sesgo	Justificación
Generación de secuencia	Alto riesgo	No menciona aleatorización de los participantes
Ocultación de la asignación	Riesgo poco claro	El método de ocultación no se describe acabadamente
Cegamiento de participantes y personal	Alto riesgo	Los investigadores conocen la asignación.
Evaluación de resultados	Riesgo poco claro	El estudio no abordó este resultado
Los datos de los resultados incompletos	Bajo riesgo	Menciona “todos los participantes finalizaron exitosamente toda la sesión de entrenamiento...”. No hay datos incompletos de outcomes
Notificación selectiva	Bajo riesgo	El protocolo del estudio está disponible y los resultados se describieron apropiadamente.
Otro riesgo de sesgo	Alto riesgo	Según las características de la población de estudio y de la magnitud de los resultados, es altamente probable que exista un error en la unidad de medida de 1RM.

3) Yasuda et al., 2013

<p>Métodos</p>	<p>Diseño: ECA</p> <p>Duración: 12 semanas</p> <p>Método de aleatorización: no menciona</p>
<p>Participantes</p>	<p>País: no menciona</p> <p>21 mujeres y hombres saludables, voluntarios, y de edades entre 61-84 años fueron seleccionados de acuerdo a los criterios de exclusión usados para definir como adulto mayor "medicamente estable" (Greig et al., 1994). Ningún sujeto ha estado sometido a rutinas de ejercicio de resistencia por al menos 3 años. Fueron excluidos aquellos con enfermedades crónicas como HTA, desordenes ortopédicos, TVP, EVP, o disfunción cognitiva.</p> <p>-2 excluidos al principio del estudio.</p> <p>-BFR-RT (3H, 6M) N=9 Años entre 71.3 ± 7.1 -CTRL (2H, 8M) N=10 De 67.7 ± 6.0 años de edad.</p>
<p>Intervención</p>	<p>Protocolo de entrenamiento: Extensiones de rodilla bilateral y leg press 2 días /semana durante 12 semanas. Todas las mediciones fueron pre entrenamiento, y dentro de 3-7 días post entrenamiento (12 semana). Una semana antes de partir la intervención se realizó test 1RM a los pacientes. Para cada ejercicio, fue determinado el RM 3 o 4 días antes de iniciar el entrenamiento. Se midió:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CSA (MRI scanner de 540 ms tiempo de repetición y 20 ms echo) y 1-RM para ambos grupos. Durante ejercicios de extensión de rodilla el ROM fue de 90-0° y el de cadera mantenido en 110° (con 180° siendo extensión completa), mientras que ROM de rodilla y cadera fue aproximadamente 90-0° y 125-70° durante los ejercicios de leg press. La duración del ejercicio fue 2s. (1 concéntrico, 1 excéntrico) para extensión y 2.6s (1.3 concéntrico y 1.3 excéntrico) para los de leg press. • Chair stand test • Cardio ankle vascular index testing (cavi) • Arterial stiffness index. <p>BFRT: 20 al 30% de 1RM y 75 repeticiones (30-20-15-10) con 30 segundos de descanso entre sets para extensión de rodilla y leg press (descansando 90 segundos entre ejercicios)</p> <p>CTRL realizaba sus actividades de la vida diaria (AVD).</p>

Outcome	-talla muscular (CSA y 1 RM) - función vascular - análisis de sangre - test de habilidad funcional.
Notas	Cuff de 50 mm de ancho en la porción más proximal de la pierna. El cuff fue seteado a 120 mmHg y cada sesión aumentaba presión entre 10-20 mmHg hasta 270 mmHg max. Tiempo de oclusión aproximada 11 minutos

Tipo de Sesgo	Riesgo de sesgo	Justificación
Generación de secuencia	Riesgo poco claro	Menciona aleatorización, pero no cómo se realizó.
Ocultación de la asignación	Riesgo poco claro	El método de ocultación no se describe acabadamente
Cegamiento de participantes y personal	Bajo riesgo	Menciona “el entrenamiento fue realizado bajo supervisión de aquellos con conocimientos técnicos en entrenamiento de oclusión vascular”. No existe cegamiento per según las características de las mediciones, es muy poco probable que influya en los resultados.
Evaluación de resultados	Riesgo poco claro	El estudio no abordó este resultado
Los datos de los resultados incompletos	Bajo riesgo	No hay datos de resultados faltantes
Notificación selectiva	Bajo riesgo	El protocolo del estudio está disponible y todos los resultados se describieron apropiadamente
Otro riesgo de sesgo	Bajo riesgo	-

4) Yasuda et al., 2014

Métodos	Diseño: ECA Duración: 12 semanas método de aleatorización: no menciona
Participantes	País: no menciona n= 16, hombre y mujeres no entrenados, saludables entre 61-78 años BFR-RT: 3H, 5M 70+/-6 años CTRL: 2H, 6M 67+/-7 años
Intervenciones	Intervención: BFR-RT (20-30% 1RM) y CONTROL Protocolo de entrenamiento Este estudio está basado en protocolo de entrenamiento del estudio anterior (Yasuda et al., 2013). El grupo de BFR-RT usó la banda de oclusión (120-270 mmHg) en ambas piernas durante el entrenamiento. Las evaluaciones se realizaron para extensión de rodilla bilateral y leg press. Mediciones pre evaluación: dentro de 3-7 días post entrenamiento y 24 semanas después del entrenamiento. 1RM fue determinado en base al método de 10 RM. CSA en base a imagenología (MRN). Sin BFR no realizaba protocolo de entrenamiento, era solo control.
Outcomes	talla muscular (CSA y 1 RM)
Notas	Instrumento de medición de outcomes: CSA (MRI imaging), 1RM (knee extension y leg press machine) elastic cuff 120-270 mmHg

Tipo de Sesgo	Riesgo de sesgo	Justificación
Generación de secuencia	Riesgo poco claro	Menciona aleatorización, pero no cómo se realizó
Ocultación de la asignación	Riesgo poco claro	El método de ocultación no se describe acabadamente
Cegamiento de participantes y personal	Bajo riesgo	No existe cegamiento pero según las características de las mediciones, es muy poco probable que el resultado se vea alterado
Evaluación de resultados	Riesgo poco claro	El estudio no abordó este resultado
Los datos de los resultados incompletos	Bajo riesgo	No hay datos de resultados faltantes
Notificación selectiva	Bajo riesgo	El protocolo del estudio está disponible y todos los resultados de describen apropiadamente
Otro riesgo de sesgo	Bajo riesgo	-

5) Libardi et al., 2015

Método	<p>Diseño: ECA</p> <p>Duración: 12 semanas</p> <p>Método de randomización: no menciona</p>
Participantes	<p>País: no menciona</p> <p>25 adultos mayores, aleatorizados voluntarios, sobre 60 años, sedentarios.</p> <p>Criterios de inclusión: físicamente inactivos según IPAQ, libres de desórdenes CV y/o neuromusculares y no haber sido clasificados como obesos (IMC>30).</p> <p>Concurrent training (CT): n=8 edad: 65.37+/- 3.7 años; CT con oclusión vascular (BFR-CT): n=10 edad: 64+/-4 años; Control (CTRL): n=7 edad: 65+/-4 años</p>
Intervenciones	<p>El estudio dividió a los participantes en tres grupos: CTRL, BFR-CT (BFR+HIRT+ET), CT (HI-RT + ET), el cual se realizó 4 veces x semana, durante 12 semanas.</p> <p>Protocolo CT: consiste en un entrenamiento aeróbico (ET) y entrenamiento de fuerza de alta intensidad (HI-RT). ET fue realizado en una pista de 400mt., los participantes caminaron o corrieron durante 40 minutos a intensidades variadas entre 65-80% VO2max en todo el entrenamiento. Después de 6 semanas, se incrementó a 50 minutos. Por otro lado, el entrenamiento de fuerza (RT) consistió en 4x10 repeticiones al 70% 1-RM, en leg press durante las primeras 6 semanas. Posterior a esas semanas, se aumentó la intensidad a 80% 1-RM.</p> <p>BFR-CT: El protocolo ET fue el mismo entre los dos grupos de entrenamiento. sin embargo, RT consistió en 1x30 y 3x15 repeticiones al 20% 1-RM asociado a la restricción del flujo sanguíneo en leg press. Posterior a las 6 semanas, la intensidad fue aumentada a 30% 1-RM. Un minuto de descanso fue permitido entre sets. Los participantes entrenaron con el cuff en la zona inguinal y fue aplicada durante todo el entrenamiento (50% de una presión de oclusión completa), incluyendo el tiempo de descanso.</p>
Outcomes	<p>Expresados % cambio, VO2peak (VO2max), Fuerza muscular (1RM), CSA cuádriceps (RNM)</p>
Notas	<p>Instrumento de medición de outcomes: CSA (MRI imaging), 1RM (Leg press machine 45°)</p> <p>Cuff: 175mm ancho, 920mm largo</p> <p>Presión: observada con una sonda doppler vascular, 50% de la Pmáx. A. tibial (promedio 67±8 mmHg).</p>

Tipo de Sesgo	Riesgo de sesgo	Justificación
Generación de secuencia	Riesgo poco claro	Menciona aleatorización, pero no cómo se realizó
Ocultación de la asignación	Riesgo poco claro	El método de ocultación no se describe acabadamente
Cegamiento de participantes y personal	Bajo riesgo	Ningún cegamiento, pero los resultados no se verían alterados.
Evaluación de resultados	Riesgo poco claro	El estudio no abordó este resultado
Los datos de los resultados incompletos	Bajo riesgo	No hay datos de resultados faltantes
Notificación selectiva	Alto riesgo	No reporta tabla con datos cuantitativos de los outcomes, sólo reporta % de cambio.
Otro riesgo de sesgo	Bajo riesgo	-

6) Yasuda et al., 2015

Método	<p>Diseño: ECA</p> <p>Duración: 12 semanas</p> <p>método de aleatorización: no menciona</p>
Participantes	<p>País: no menciona</p> <p>n=17, hombres y mujeres voluntarios, saludables entre 61-85 años de edad, que no hayan participado en entrenamientos de resistencia en al menos 6 meses previo al estudio.</p> <p>Criterios de exclusión: Presión mayor a 160 mmhg, índice de masa corporal >30 kg/m2, historia de anemia, enfermedad cerebrovascular, infarto al miocardio y cirugía artroscópica articular, usados para definir " criterios usados para decir medicamente estables" (Greig et al., 1994). Además voluntarios que sufrieron una enfermedad crónica como una severa hipertensión (mayor a 170/110) un desorden ortopédico una trombosis venosa profunda o enfermedad vascular periférica fueron excluidos del estudio. ninguno de los participantes del estudio estuvo sometido a entrenamiento de fuerza (resistance training) en los 6 meses previos al estudio</p> <p>BFR-T: 2H y 7 M; N=9, 71.8±6.2 años</p> <p>NO BFR (CTRL): 1H y 7 M; N=8, 68.0±5.1 años</p>
Intervención	<p>Entrenamiento bilateral de arm curl y tríceps por 12 semanas, 2 veces a la semana durante 12 semanas.</p> <p>Ambos grupos usaron una Banda verde (gruesa) para los hombres y una banda amarilla (delgada) para mujeres. El entrenamiento fue realizado bajo supervisión de alguien con conocimientos técnicos en BFR-T. Una semana antes de iniciar, los pacientes se sometieron a pruebas de MVC para familiarización con las pruebas, 3-4 días previos al estudio se determinó su MVC. Volumen de entrenamiento fue de 75 repeticiones (30,15,15 y 15 repeticiones con 30 segundos de descanso entre sets). La banda oclusiva fue mantenida inflada durante el entrenamiento, incluido el periodo de descanso.</p> <p>Durante arm curl, paciente en sedente sobre una silla, ROM codo 20-145°</p> <p>Durante tríceps press down, paciente sentado en una silla de remo en posición vertical, ROM codo 140-5°</p> <p>Duración de repetición: 2.4s (1,2s excéntrico, 1,2s concéntrico) para ambos ejercicios. El tiempo total de los dos ejercicios por día fue de 9.5 minutos para ambos grupos</p> <p>Mediciones al iniciar el estudio y entre 3-7 posteriores a la 12 semana. CsA (a través de un scanner de MRI), MCV (a través de un dinamómetro), Cardio ankle vascular index(CAVI) y ankle brachial pressure index (ABI), Arterial function (flow mediated dilatation (fmd)).</p>
Outcomes	<p>Talla y fuerza muscular (CSA, MVC), funciones vasculares y análisis de sangre.</p>
Nota	<p>Instrumento de medición de outcomes: CSA (MRI imaging), MVC (dinamómetro para flexores y extensores de codo)</p> <p>elastic cuff entre 120-270 mmHg durante el ejercicio.</p>

Tipo de Sesgo	Riesgo de sesgo	Justificación
Generación de secuencia	Alto riesgo	No menciona si existe aleatorización de la muestra
Ocultación de la asignación	Riesgo poco claro	El método de ocultación no se describe acabadamente
Cegamiento de participantes y personal	Bajo riesgo	Ningún cegamiento, pero los resultados no se verían influidos por esto
Evaluación de resultados	Riesgo poco claro	El estudio no abordó este resultado
Los datos de los resultados incompletos	Bajo riesgo	No hay datos de resultados faltantes
Notificación selectiva	Bajo riesgo	El protocolo del estudio está disponible y todos los resultados fueron descritos apropiadamente
Otro riesgo de sesgo	Bajo riesgo	-

7) Yasuda et al., 2016

Métodos	<p>Diseño: ECA</p> <p>Duración: 12 semanas</p> <p>Método de aleatorización: no menciona.</p>
Participantes	<p>N=30 mujeres AM 61-86 años, físicamente activos, 10 paciente por grupo.</p> <p>Aleatoriamente divididos, No fumadores y libres de ECNT.</p> <p>Criterios de exclusión: Presión mayor a 160 mmhg, índice de masa corporal >30 kg/m2, historia de anemia, enfermedad cerebrovascular, infarto al miocardio y cirugía artroscópica articular, usados para definir " criterios usados para decir "medicamente estables" (Greig et al., 1994). Además voluntarios que sufrieron una enfermedad crónica como una severa hipertensión (mayor a 170/110) un desorden ortopédico, una trombosis venosa profunda o enfermedad vascular periférica fueron excluidos del estudio</p> <p>9 pacientes (BFR-Tr n=3; MH-Tr n=4; CTRL n=2) de los 30, participaban en ejercicios aeróbicos regularmente (caminar, trotar o pedalear 2-3v x semana. por aprox. 30min). Sin embargo, ninguno participó en algún entrenamiento de fuerza (resistance training) en al menos 6 meses previos al estudio.</p>
Intervenciones	<p>BFR- elastic band training (BFR-Tr), Middle to high- intensity elastic band training (MH-Tr), Control (CTRL). Ejercicios de extensión de rodillas y bilateral squats. Las mediciones finales fueron tomadas entre 3-5 días posteriores a finalizar el protocolo.</p> <p>MH-Tr: 5.6 a 8.4 en OMNI-RES correspondiente a niveles promedios de 70-90% de 1RM en mujer</p> <p>BFR-Tr: utilizó bandas elásticas diferentes, gold y negra (leg press y extensión de rodilla, respectivamente), intensidad 5 a 9 en OMNI. (baja intensidad). Si las intensidades eran bajo 5 o sobre 9, la intensidad de los ejercicios era modificada aumentando o disminuyendo la longitud de la banda elástica. En ambos grupos la duración de repetición fue de 2.6 seg. (1.3 excéntrico y 1.3 concéntrico) y 2 segundos (1.exentrico y 1 concéntrico) para knee extension y leg press respectivamente. Una semana antes de iniciar el estudio, ambos grupos realizaron sesiones prácticas para MVC y leg press 1RM.</p> <p>Volumen de entrenamiento BFR-Tr fue de 75 repeticiones (30, 15,15 y 15 repeticiones con 30 seg. de descanso entre sets) y 90 segundos de descanso entre cada ejercicio. La banda oclusiva fue mantenida inflada durante el entrenamiento, incluido el periodo de descanso.</p> <p>Volumen de entrenamiento MH-Tr 37-38 repetición (13,13 (1º-12 semana) o 12 (13-24 semana) y 12 repeticiones con 30 segundo de descanso entre sets) para ambos ejercicios (90s descanso entre ellos).</p> <p>La repetición del grupo BFR-Tr fue dos veces mayor, sin embargo, la intensidad de MH-Tr era 2 veces mayor que BFR-Tr.</p>
Outcomes	<p>talla muscular (CSA, MVC), funciones vasculares</p>
Notas	<p>Instrumento de medición de outcomes: CSA (MRI imaging), MVC (knee extensión dinamómetro), 1RM (knee extensión y leg press machine)</p> <p>Ancho: 50mm ancho presión, de inicio 50-120 mmHg. Por cada avance en las sesiones, se aumentaba 10-20mmHg hasta 200mmHg en pacientes que toleraban esas presiones. promedio presión: 161±12mmHg</p>

Tipo de Sesgo	Riesgo de sesgo	Justificación
Generación de secuencia	Riesgo poco claro	Menciona aleatorización, pero no cómo se realizó
Ocultación de la asignación	Riesgo poco claro	El método de ocultación no se describe acabadamente
Cegamiento de participantes y personal	Bajo riesgo	No hay cegamiento, pero los resultados no se verían influidos por esto
Evaluación de resultados	Riesgo poco claro	El estudio no abordó este resultado
Los datos de los resultados incompletos	Bajo riesgo	No hay datos de resultados faltantes
Notificación selectiva	Alto riesgo	Uno o más resultados de interés para la revisión se describieron de forma incompleta, por lo que no fue posible introducirlos en un metanálisis.
Otro riesgo de sesgo	Bajo riesgo	-

Datos y análisis

Outcome or Subgroup	Studies	Participants	Statistical Method	Effect Estimate
1.1 1RM knee extension	3	79	Std. Mean Difference (IV, Random, 95% CI)	0.43 [-0.02, 0.88]
1.2 1RM leg press	2	35	Std. Mean Difference (IV, Random, 95% CI)	0.74 [0.05, 1.43]
1.3 CSAq	2	35	Std. Mean Difference (IV, Random, 95% CI)	0.34 [-0.33, 1.01]
1.4 CSAgmax	2	35	Std. Mean Difference (IV, Random, 95% CI)	0.60 [-0.08, 1.28]

Bibliografía

Envejecimiento:

Borson, S. (2010). Cognition, aging, and disabilities: conceptual issues. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*, 21(2), 375-382.

Buford, T. W., Anton, S. D., Judge, A. R., Marzetti, E., Wohlgemuth, S. E., Carter, C. S., ... & Manini, T. M. (2010). Models of accelerated sarcopenia: critical pieces for solving the puzzle of age-related muscle atrophy. *Ageing research reviews*, 9(4), 369-383.

Cassilhas, R. C., Viana, V. A., Grassmann, V., Santos, R. T., Santos, R. F., Tufik, S. E. R. G. I. O., & Mello, M. T. (2007). The impact of resistance exercise on the cognitive function of the elderly. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(8), 1401.

Campos, G. E., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F., ... & Staron, R. S. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *European journal of applied physiology*, 88(1), 50-60.

Cruz-Jentoft, A. J., Baeyens, J. P., Bauer, J. M., Boirie, Y., Cederholm, T., Landi, F., ... & Topinková, E. (2010). Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age and ageing*, 39(4), 412-423.

Gale, C. R., Martyn, C. N., Cooper, C., & Sayer, A. A. (2007). Grip strength, body composition, and mortality. *International journal of epidemiology*, 36(1), 228-235.

Garzón, M. J. C., Porcel, F. B. O., & Ruiz, J. R. (2005). Mejora de la forma física como terapia anti envejecimiento. *Medicina clínica*, 124(4), 146-155.

Gómez, J. F., & Curcio, C. L. (2002). Valoración integral de la salud del anciano. *Manizales: artes gráficas Tizan*, 226-40.

González C y Ham-Chande R. (2007). Funcionalidad y salud: una tipología del envejecimiento en México. *Salud Pública de México*, 448-458

Holloszy, J. O., & Booth, F. W. (1976). Biochemical adaptations to endurance exercise in muscle. *Annual review of physiology*, 38(1), 273-291.

Kraemer, W. J. (2009). Comparison between different off-season resistance training programs in Division III American college football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 11-19.

Laforest, J. (1991). *Introducción a la Gerontología: El arte de envejecer*. Barcelona: Editorial Herder. (Trabalho original em francês publicado em 1989)

Lakatta, E. G. (2003). Arterial and cardiac aging: major shareholders in cardiovascular disease enterprises. *Circulation*, 107(3), 490-497.

Landers, D. M., & Arent, S. M. (2001). Physical activity and mental health. *Handbook of sport psychology*, 2, 740-765.

Larsson, L., Sjödin, B., & Karlsson, J. (1978). Histochemical and biochemical changes in human skeletal muscle with age in sedentary males, age 22–65 years. *Acta Physiologica*, 103(1), 31-39.

Lauretani, F., Russo, C. R., Bandinelli, S., Bartali, B., Cavazzini, C., Di Iorio, A., ... & Ferrucci, L. (2003). Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. *Journal of applied physiology*, 95(5), 1851-1860.

Lehr, U (1980). *Psicología de la Senectude*. Barcelona: Editorial Herder. (Trabalho original em francês publicado em 1977)

Mazzeo, R. S., & Tanaka, H. (2001). Exercise prescription for the elderly. *Sports medicine*, 31(11), 809-818.

Minsal (2014). *Programa nacional de salud de las personas adultas mayores*, Santiago de Chile.

OMS. (1974). *Planificación y organización de los servicios geriátricos*. Ginebra.

Perico, N., Remuzzi, G., & Benigni, A. (2011). Aging and the kidney. *Current opinion in nephrology and hypertension*, 20(3), 312-317.

Ribera J, Milán A y Ruiz M. (2006). Conceptos esenciales del envejecimiento. *Medicine*, 4003-4010

- Rodriguez D y Formiga F. (2010). Comorbilidad en pacientes con demencia: un reto diagnóstico y de tratamiento. En R. A. A, *Enfermedad de Alzheimer Neurología caso a caso* (pág. 149). Buenos Aires - Bogotá - Caracas - Madrid - México - Porto Alegre: Editorial Médica Panamericana, D.L. 2010.
- Rowe J y Kahn R. (10 de Julio de 1987). Human aging: usual and successful. *Science*, 143-149. doi:10.1126/science.3299702
- Safar, M. E. (2010). Arterial aging—hemodynamic changes and therapeutic options. *Nature Reviews Cardiology*, 7(8), 442-449.
- Shankar, S. K. (2010). Biology of aging brain. *Indian Journal of pathology and microbiology*, 53(4), 595.
- Sharma, G., & Goodwin, J. (2006). Effect of aging on respiratory system physiology and immunology. *Clinical interventions in aging*, 1(3), 253.
- Schlüssel, M. M., dos Anjos, L. A., de Vasconcellos, M. T. L., & Kac, G. (2008). Reference values of handgrip dynamometry of healthy adults: a population-based study. *Clinical Nutrition*, 27(4), 601-607.
- Tomlinson, B. E., Irving, D., & Rebeiz, J. J. (1973). Total numbers of limb motor neurones in the human lumbosacral cord and an analysis of the accuracy of various sampling procedures. *Journal of the neurological Sciences*, 20(3), 313-327.
- Visser, M., Goodpaster, B. H., Kritchevsky, S. B., Newman, A. B., Nevitt, M., Rubin, S. M., ... & Harris, T. B. (2005). Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors of incident mobility limitations in well-functioning older persons. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 60(3), 324-333.
- Wilson, M., O'hanlon, R., Basavarajaiah, S., George, K., Green, D., Ainslie, P., & Nevill, A. (2010). Cardiovascular function and the veteran athlete. *European journal of applied physiology*, 110(3), 459-478.
- Wong, L. S., van der Harst, P., de Boer, R. A., Huzen, J., van Gilst, W. H., & van Veldhuisen, D. J. (2010). Aging, telomeres and heart failure. *Heart failure reviews*, 15(5), 479-486.
- Xiao, F. H., Kong, Q. P., Perry, B., & He, Y. H. (2016). Progress on the role of DNA methylation in aging and longevity. *Briefings in functional genomics*, 15(6), 454-459.

Zhou et al. Renal senescence in 2008: progress and challenges. *International urology and nephrology* (2008) vol. 40 (3) pp. 823-839

Oclusión Vascular

Abe T, Kearns C, and Sato Y (2006). Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. *J ApplPhysiol* 100: 1460–1466

Cook, S. B., Murphy, B. G., &Labarbera, K. E. (2013). Neuromuscular function after a bout of low-load blood flow-restricted exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 45(1), 67-74.

Campos G E, Luecke T J, Wendeln H K, Toma K, Hagerman F C, Murray T F, Ragg K E, Ratamess N A, Kraemer W J, Staron R S (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur J ApplPhysiol*, 88(1-2):50-60.

Fahs C A, Loenneke J P, Rossow L M, Thiebaud R S, Bembem M G. (2012). Methodological considerations for blood flow restricted resistance exercise. *Journal of Trainology* 1:14-22

Fry, C. S., Glynn, E. L., Drummond, M. J., Timmerman, K. L., Fujita, S., Abe, T., ... &Rasmussen, B. B. (2010). Blood flow restriction exercise stimulates mTORC1 signaling and muscle protein synthesis in older men. *Journal of applied physiology*, 108(5), 1199-1209.

Martín-Hernández, J.; Marín, P.J.; Herrero, A.J.; (2011). Revisión de los procesos de hipertrofia muscular inducida por el entrenamiento de fuerza oclusivo. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, Diciembre-Sin mes, 152-157

Lejkowski Peter M., Pajaczkowski Jason A., (2011): Utilization of Vascular Restriction Training in post-surgical knee rehabilitation: a case report and introduction to an under-reported training technique. *J Can Chiropr Assoc* 2011; 55(4)

Loenneke, J. P., Wilson, G. J., & Wilson, J. M. (2010). A mechanistic approach to blood flow occlusion. *International journal of sports medicine*, 31(01), 1-4.

Madarame, H., Neya, M., Ochi, E., Nakazato, K., Sato, Y., & Ishii, N. (2008). Cross-transfer effects of resistance training with blood flow restriction. *Medicine+ Science in Sports+ Exercise*, 40(2), 258.

Mattar, M. A., Gualano, B., Perandini, L. A., Shinjo, S. K., Lima, F. R., Sá-Pinto, A. L., & Roschel, H. (2014). Safety and possible effects of low-intensity resistance training associated with partial blood flow restriction in polymyositis and dermatomyositis. *Arthritis research & therapy*, 16(5), 473.

Ohta, H., Kurosawa, H., Ikeda, H., Iwase, Y., Satou, N., & Nakamura, S. (2003). Low-load resistance muscular training with moderate restriction of blood flow after anterior cruciate ligament reconstruction. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 74(1), 62-68.

Slysz, J., Stultz, J., & Burr, J. F. (2016). The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review & meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(8), 669-675

Takarada Y, Takazawa H, Sato Y, Takebayashi S, Tanaka Y, Ishii N (2000). Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *J Appl Physiol.*; 88:2097–2106.

Takarada Y, Nakamura Y, Aruga S, Onda T, Miyazaki S, Ishii N (2000). Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. *J Appl Physiol*: 88: 61–65.

Takarada Y, Sato Y, Ishii N. (2002). Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. *Eur J Appl Physio*. 86(4):308–314.

Yasuda, T., Abe, T., Sato, Y., Midorikawa, T., Kearns, C. F., Inoue, K., ... & Ishii, N. (2005). Muscle fiber cross-sectional area is increased after two weeks of twice daily KAATSU-resistance training. *International Journal of KAATSU Training Research*, 1(2), 65-70.

Yasuda T, Brechue WF, Fujita T, Shirakawa J, Sato Y, Abe T (2009). Muscle activation during low-intensity muscle contractions with restricted blood flow. *J Sports Sci*: 27: 479–489.

Iida, H., Nakajima, T., Kurano, M., Yasuda, T., Sakamaki, M., Sato, Y., ... & Abe, T. (2011). Effects of walking with blood flow restriction on limb venous compliance in elderly subjects. *Clinical physiology and functional imaging*, 31(6), 472-476.

Metodología

Higgins, J. P., & Green, S. (Eds.). (2011). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions* (Vol. 4). John Wiley&Sons.

Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P., ... & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *PLoS Med*, 6(7), e1000100.

Estudios incluidos

Libardi, C. A., Chacon-Mikahil, M. P. T., Cavaglieri, C. R., Tricoli, V., Roschel, H., Vechin, F. C., ... & Ugrinowitsch, C. (2015). Effect of concurrent training with blood flow restriction in the elderly. *International journal of sports medicine*, 36(05), 395-399.

Patterson, S. D., & Ferguson, R. A. (2011). Enhancing strength and post occlusive calf blood flow in older people with training with blood-flow restriction. *Journal of aging and physical activity*, 19(3), 201-213.

Yasuda, T., Fukumura, K., Fukuda, T., Uchida, Y., Iida, H., Meguro, M., ... & Nakajima, T. (2014). Muscle size and arterial stiffness after blood flow-restricted low-intensity resistance training in older adults. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(5), 799-806.

Yasuda, T., Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., & Abe, T. (2015). Effects of detraining after blood flow-restricted low-intensity concentric or eccentric training on muscle size and strength. *The Journal of Physiological Sciences*, 65(1), 139-144.

Yasuda, T., Fukumura, K., Uchida, Y., Koshi, H., Iida, H., Masamune, K., ... & Nakajima, T. (2015). Effects of low-load, elastic band resistance training combined with blood flow restriction on muscle size and arterial stiffness in older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 70(8), 950-958.

Yasuda, T., Fukumura, K., Tomaru, T., & Nakajima, T. (2016). Thigh muscle size and vascular function after blood flow-restricted elastic band training in older women. *Oncotarget*, 7(23), 33595.

Yokokawa, Y., Hongo, M., Urayama, H., Nishimura, T., & Kai, I. (2008). Effects of low-intensity resistance exercise with vascular occlusion on physical function in healthy elderly people. *BiosciTrends*, 2(3), 117-123.