

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**GRADO EN FISIOTERAPIA**



Trabajo concéntrico versus trabajo excéntrico en  
la recuperación de la fuerza muscular.

Revisión bibliográfica.

**AUTOR:** García Santos, Carlos.

**Departamento:** Patología y

**TUTOR:** Vicente Tronchoni Murcia.

cirugía.

**Curso académico 2023-2024.**

**Convocatoria de Junio.**



## ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	7
MATERIAL Y MÉTODO.....	8
RESULTADOS.....	10
DISCUSIÓN.....	12
CONCLUSIONES.....	16
ANEXO.....	17
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25



## RESUMEN

En nuestro día a día como fisioterapeutas la fuerza muscular es algo muy presente, ya que vamos a tener que trabajar sobre ella durante la rehabilitación de nuestro paciente.

El objetivo del estudio es indagar sobre los beneficios de cada una de las formas de trabajo para este fin, y comparar si es mejor llevar a cabo un trabajo excéntrico o un trabajo concéntrico para la recuperación de la fuerza muscular.

Tras realizar una búsqueda bibliográfica en cuatro bases de datos (PubMed, Scopus, PEDro y Cochrane), se seleccionaron trece ensayos clínicos, los resultados obtenidos sobre el ejercicio concéntrico fueron que mejora la fuerza del músculo y es útil para aumentar la potencia muscular, factor importante en jóvenes deportistas pero no tanto en personas mayores.

Sobre el ejercicio excéntrico, es importante para rehabilitaciones, aumentando la fuerza del músculo y la estabilidad de la articulación, con un menor gasto de oxígeno y esfuerzo percibido. También es útil en personas sanas permitiéndonos realizar ejercicios cargando más peso que en un ejercicio concéntrico.

En entrenamientos mixtos (utilizando ambos tipos de contracción) obtenemos los mejores resultados en cuanto a recuperación de la fuerza muscular, pudiendo variar velocidades de contracción y acentuando, por ejemplo, la carga en fase excéntrica que evidencia aún mejores resultados en cuanto a aumentos de fuerza en pacientes jóvenes sanos.

El método de entrenamiento más efectivo por tanto es un entrenamiento mixto, beneficiándonos de ambos tipos de contracción pudiendo implementar ejercicio isométrico previo al ejercicio para aumentar el rendimiento muscular.

**Palabras clave:** contracción concéntrica, contracción excéntrica, potenciación muscular.

## **ABSTRACT**

In our daily work as physiotherapists, muscle strength is something very present, since we are going to have to work on it during our patient's rehabilitation.

The aim of the study is to investigate the benefits of each of the forms of work for this purpose, and to compare whether it is better to carry out eccentric work or concentric work for the recovery of muscle strength.

After carrying out a bibliographic search in four databases (PubMed, Scopus, PEDro and Cochrane), thirteen clinical trials were selected. The results obtained on concentric exercise were that it improves muscle strength and is useful for increasing muscle power, an important factor in young athletes but not so much in older people.

About eccentric exercise, it is important for rehabilitation, increasing muscle strength and joint stability, with less oxygen expenditure and perceived effort. It is also useful in healthy people allowing us to perform exercises carrying more weight than in concentric exercise.

In mixed training (using both types of contraction) we obtain the best results in terms of muscle strength recovery, being able to vary contraction speeds and accentuating, for example, the eccentric phase load, which shows even better results in terms of strength gains in young healthy patients.

The most effective training method is therefore a mixed training, benefiting from both types of contraction and being able to implement isometric exercise prior to exercise to increase muscle performance.

**Key words:** concentric contraction, eccentric contraction, muscle enhancement.

# INTRODUCCIÓN

En nuestro día a día como fisioterapeutas la fuerza muscular es algo muy presente, ya que vamos a tener que trabajar sobre ella durante la rehabilitación de nuestro paciente.

Para trabajar sobre la recuperación de la fuerza muscular tenemos diferentes tipos de trabajo a los que podemos recurrir, para ello es importante conocer los diferentes tipos de contracciones que podemos emplear.

Estas se dividirán en estáticas, donde contamos con la contracción isométrica, y dinámicas, donde se encuentran las isocinéticas, las auxotónicas y las isotónicas, que a su vez se dividen en concéntricas (CON) y excéntricas (ECC).

Vamos a ver las características de cada una de ellas:

**-Contracción isométrica:** Se produce cuando se genera tensión en un músculo o grupo muscular pero la longitud del mismo no varía.

**-Contracción isocinética:** Se define como una contracción muscular a una velocidad constante durante todo el movimiento. (Estrázulas, J. A. et al., 2020)

**-Contracción isotónica:** Se denomina de esta forma cuando al ejercer la fuerza de contracción se logra un cambio en la longitud del músculo. Existen dos tipos.

**-Contracción concéntrica:** Este tipo se asocia a un acortamiento del músculo. Se produce una contracción de las fibras musculares generando así un acortamiento de las mismas, ya sea para vencer una resistencia externa o no. (Douglas, J. et al., 2016a)

**-Contracción excéntrica:** Este tipo, por el contrario, se asocia con un estiramiento de las fibras musculares (elongación muscular), es contrario a la concéntrica y se produce cuando se genera un aumento de longitud del vientre muscular mientras hay tensión en las fibras musculares. (Hody, S. et al., 2019)

**-Contracción auxotónica:** Es una combinación de contracciones donde se produciría una contracción isotónica y después una isométrica.

Parece interesante indagar en la comparación entre el trabajo excéntrico y el concéntrico porque son los dos tipos de contracciones en los que se suele basar un entrenamiento de fuerza y existen teorías que se difunden por las redes sociales desde fuentes desconocidas o de dudosa procedencia donde recomiendan ejercicios para potenciar nuestra musculatura u optimizar nuestro modo de entrenamiento/rehabilitación y es necesario conocer en profundidad los verdaderos efectos que obtenemos de cada uno de ellos. Para ello vamos a conocer las particularidades de las contracciones concéntricas y excéntricas.

Las ventajas que obtenemos al utilizar el trabajo concéntrico son (Methenitis, S. et al., 2023; Douglas, J. et al., 2016a):

- Observamos una mejora de la resistencia muscular.
- Generamos una hipertrofia junto a la tonificación de la estructura.
- Produce un efecto positivo sobre el metabolismo, ayudando a su regulación y siendo de ayuda en el envejecimiento, ya que estimula el sistema circulatorio lo mantiene activo y sano con el paso de la edad.
- Es útil a la hora de combatir con la amiotrofia.
- Nos va a ser de ayuda en estructuras que todavía se encuentren en fases tempranas de la recuperación o algo frágiles ya que no requieren de una gran aportación por parte de estructuras pasivas del músculo, y son menos destructivas de tejido a nivel celular.

Por contra, en las contracciones concéntricas, hay que tener en consideración que si utilizamos cargas elevadas y velocidades de contracción rápidas podemos provocar una elevación de la tensión arterial, que puede ser un factor de riesgo en personas con la tensión alta (MacDougall, J. D. et al., 1985). Un trabajo en el que solo implementamos contracciones concéntricas puede provocar que el músculo se adapte a trabajar solo bajo ese tipo de contracción, tendiendo a

acortarse, y no responda correctamente en las contracciones excéntricas pudiendo llegar a tener dolor en la articulación debido al desequilibrio o amplitud de movimiento limitada.

En referencia al trabajo excéntrico, este aporta grandes beneficios como (Ruas, C. V. et al., 2019; Hody, S. et al.2019):

- Fortalecer las estructuras pasivas del músculo.
- Mejora la actividad neuromotora.
- Supone un menor coste energético y metabólico por parte del músculo, produciendo una menor fatigabilidad.
- Mejora tanto la potencia, la velocidad como la fuerza y favorece la propiocepción.
- Genera un factor de impacto positivo sobre el tratamiento de las tendinopatías, ya que produce una mayor reducción del dolor y un mayor aumento de la fuerza muscular en comparación con las contracciones concéntricas (Peterson, M. et al., 2014).

Sin embargo, tenemos que controlar este trabajo ya que es más susceptible de producir una lesión muscular, tendinosa o articular pues aumenta la carga en la articulación, y tener en cuenta que puede provocar daño muscular de aparición tardía inducido por ejercicio. (Marathamuthu, S. et al., 2020)

Actualmente se tiene muy bien valorado al trabajo excéntrico, tanto es así que una gran parte de los tratamientos aplicados a día de hoy incluyen este tipo de ejercicios. Muchos estudios (Hody, S. et al.2019; Freeman, B. W. et al, 2019; Douglas, J. et al, 2016; Nishikawa, K. C. 2016) respaldan estas decisiones, pero no siempre ha sido así, ya que hasta aproximadamente 2010, no estaban tan estudiados los beneficios que acarrear tanto este trabajo como el concéntrico. De la misma manera ocurre con el isométrico, que actualmente se sabe que se puede implementar buscando generar un efecto analgésico. (Azevedo, P. H. S. M. et al., 2022)

Tras estudiar los beneficios, se comenzaron a aplicar este tipo de contracciones de forma masiva e indiscriminada, sin llevar un control correcto de los efectos adversos, acarreado esto lesiones que aparecían tratando de solucionar otras.

Con el paso del tiempo el trabajo activo se implementa cada vez más el ejercicio activo en los tratamientos de fisioterapia, por ello es muy importante despejar la duda de si es necesario basar nuestro trabajo en, trabajo excéntrico, concéntrico, o implementar una mezcla de ambos en el programa para utilizar los beneficios que nos proporcionan cada uno a nuestro gusto, para lograr así nuestro objetivo.

Por todo esto, el enfoque de este trabajo es conocer a fondo en que nos puede beneficiar el trabajo excéntrico y el trabajo concéntrico, a la hora de recuperar la fuerza muscular y conocer así qué tipo de trabajo nos es más efectivo para este objetivo.



## OBJETIVOS

En cuanto a los objetivos del trabajo, tenemos un objetivo general, basado en el título del trabajo: "Trabajo concéntrico versus trabajo excéntrico en la recuperación de la fuerza muscular", y tres objetivos específicos.

Así pues, el objetivo general será por tanto comparar si es mejor llevar a cabo un trabajo excéntrico o un trabajo concéntrico para la recuperación de la fuerza muscular.

Los objetivos específicos son:

1. El primero será conocer de manera detallada los resultados que produce un entrenamiento basado en trabajo concéntrico sobre la musculatura.
2. El segundo, conocer los beneficios y problemas que nos presenta un trabajo basado en ejercicio excéntrico.
3. Por último, ver qué ocurre si realizamos el programa de ejercicios implementando ambos trabajos y añadiendo trabajo isométrico.

Para desarrollar la pregunta de investigación utilizaremos la estrategia PICO, la cual se compone por:

**P-** Población: pacientes subsidiarios de recuperación de la fuerza muscular.

**I-** Intervención: trabajo activo concéntrico.

**C-** Comparación: trabajo activo excéntrico.

**O-** Resultados: recuperación de la fuerza muscular.

Siguiendo esta estrategia, la pregunta de investigación sería: **En pacientes subsidiarios de recuperación de la fuerza muscular, ¿Qué tipo de trabajo muscular nos daría mejores resultados, el excéntrico, el concéntrico o una mezcla de ambos?**

## MATERIAL Y MÉTODO

Esta investigación ha sido validada y autorizada por la Oficina de Investigación responsable de la universidad Miguel Hernández de Elche, con el siguiente código COIR: **TFG.GFI.VTM.CGS.240210**.

Para la búsqueda bibliográfica se emplearon cuatro bases de datos diferentes, las cuales fueron Pubmed, PEDro, Scopus y Cochrane.

Se realizó la búsqueda de los artículos el día 29/03/2024, mediante la siguiente ecuación de búsqueda:

((concentric contraction) AND (eccentric contraction)) AND (muscle enhancement)

Para realizar un filtro de todos los artículos disponibles, aplicamos unos criterios de inclusión/exclusión:



### -Criterios de inclusión:

1. Artículos con fecha de publicación de 2014 o más recientes,
2. Artículos escritos en inglés y/o español.
3. Que se trate de un ensayo clínico.
4. También se incluirán artículos cuya área temática esté relacionada con profesiones de la salud y medicina.
5. Puntuación mínima de 4 puntos sobre 10 en escala PEDro.

-Criterios de exclusión:

1. Que en el artículo no se comparen directamente los dos tipos de contracciones seleccionadas o que la finalidad del ensayo no sea el desarrollo muscular.
2. Se excluirán todos los artículos que no hablen sobre humanos adultos.
3. Artículos donde el método de estimulación del músculo en los ensayos clínicos no sea mediante ejercicio activo.

Respecto a la base de datos Pubmed, tras utilizar la ecuación diseñada, nos encontramos con 179 resultados.

En PEDro encontramos un único artículo, pero al aplicar los criterios de inclusión se queda fuera.

En Scopus, encontramos 78 artículos.

En Cochrane, observamos 73 ensayos.

Una vez obtenida la primera búsqueda, aplicamos las restricciones por criterios de inclusión. Tras esto los artículos se reducen a Pubmed (10), Scopus (24), Cochrane (45).

Para concluir con la búsqueda aplicamos los criterios de exclusión, los cuales nos dejan los siguientes artículos, Pubmed (2), Scopus (4), Cochrane (8).

Tras eliminar artículos duplicados, nos quedamos con un total de 13 artículos (ver anexo, figura 1, diagrama de flujo).

## RESULTADOS

La totalidad de los 13 artículos seleccionados han sido ensayos clínicos. (ver anexo, tabla 1, tabla resultados).

Prácticamente la totalidad de las intervenciones tuvieron una duración aproximada de entre 6 y 12 semanas.

Hubo siete estudios que estudiaron a población joven, sana y deportista, y tres estudios, que lo hicieron sobre adultos mayores de 60 años. En los tres estudios restantes, o se basaron en población con un determinado diagnóstico, o simplemente no se especificó edad.

Seis intervenciones contaron con grupo de control, mientras que en los demás, existían varios grupos que se trataban con diferentes métodos, pero sin grupo de control.

Los tamaños muestrales de la totalidad de los trabajos oscilaban entre los 15 participantes y los 30.

La calidad metodológica de los estudios seleccionados al pasar la escala PEDro muestra un nivel medio/alto ya que si bien hay tres trabajos con una puntuación de 4 sobre 10, hay cinco con un 5, tres con un 6 y dos con un 7.

Dos estudios (Elmer et al., 2017; NCT04847427, 2021) compararon entrenamientos mixtos (trabajo excéntrico junto a trabajo concéntrico), y nos dicen que implementar una acentuación de la carga en la fase excéntrica del movimiento tiene un mayor impacto en la mejora de la fuerza y la potencia.

Tres estudios (Fernandez-Gonzalo et al., 2016; Andrushko et al., 2018; NCT03817294, 2018) observaron los beneficios mostrados por el ejercicio excéntrico. Demostraron que durante el periodo de rehabilitación, implementar este trabajo nos ofrece una sensación de esfuerzo similar a otros, pero con una menor demanda de oxígeno, aumentando la fuerza. Uno de ellos demuestra que

podemos llegar a preservar la fuerza de una extremidad inmovilizada si realizamos un trabajo unilateral con el miembro válido.

Un artículo (Stastny et al., 2024) no mostró diferencias claras de rendimiento entre un protocolo de sentadilla de activación rápida en la fase excéntrica en comparación con uno de 2 segundos. El protocolo con fase ECC de dos segundos mostró mayor mejora en la cadena muscular posterior.

Un artículo (Chen & Power, 2019) muestra que tras un entrenamiento de 7 semanas no se ven diferencias claras de fuerza entre un entrenamiento excéntrico y uno concéntrico, sin embargo, sí se observó que tras el entrenamiento excéntrico aumentó la longitud de los fascículos musculares.

Dos artículos (Behrens et al., 2016; NCT03455179, 2018) estudian si cambian los resultados realizando la contracción concéntrica de forma explosiva, pero no se obtuvieron resultados que lo demuestren, si se observó que los efectos de la fuerza perduran más que los de la potencia. Por otro lado, si es interesante la velocidad de contracción en ejercicios pliométricos ya que si aumentan la fuerza de contracción máxima y la activación neural del cuádriceps.

Dos artículos (Held et al., 2020; Groeber et al., 2020) se centraron en las mejoras del rendimiento deportivo y afirman que preceder la contracción concéntrica de un estímulo isométrico o de estiramiento genera un mayor rendimiento muscular, ofreciendo mejores respuestas al estímulo.

Dos artículos (Stec MJ et al., 2017; Hill et al., 2021) demuestran que en adultos mayores de más de 60 años, implementando en su rutina ejercicios mixtos obtienen, además de aumento del grosor de la musculatura, mejoras en pruebas como el “Timed up and go”, sentarse o levantarse de una silla y mejoras globales de la movilidad. Teniendo en cuenta que es más efectivo un entrenamiento donde no utilicemos de manera muy continuada ejercicios de alta resistencia (mejor solo una vez por semana).

## DISCUSIÓN

El principal aporte de este estudio es dar a conocer desde un punto de vista más específico qué efectos tiene sobre la musculatura, basar nuestra planificación en ejercicio activo, más concretamente, indagando en qué tipo de contracción muscular nos va a dar mejores resultados, y de esa forma saber cuál aplicar en cada momento, o en cual debemos hacer más énfasis.

Tras el análisis de los artículos, vemos cómo los 13 artículos empleados nos muestran que existen mejoras de rendimiento en cuanto a la fuerza y la potencia generada por el músculo si implementamos programas mixtos de entrenamiento, aplicando tanto contracciones excéntricas como concéntricas.

Como datos generales, los resultados muestran que en adultos mayores, trabajos mixtos mejoran su calidad de vida (Stec MJ et al., 2017; Hill et al., 2021), y los trabajos excéntricos son de gran utilidad en procesos de rehabilitación (NCT03817294, 2018). Mientras que si nuestro objetivo es el rendimiento deportivo en personas más jóvenes, acentuar la carga en la fase excéntrica nos muestra mejoras favorables en cuanto a fuerza y potencia muscular (NCT04847427, 2021).

Por todo esto si nuestro objetivo es puramente el de mejora de la fuerza muscular, un programa interesante a seguir será un entrenamiento mixto, beneficiándose de los efectos de ambas contracciones ya que por un lado, aplicando una contracción concéntrica generamos estímulos diferentes a cuando aplicamos una contracción excéntrica, aumentando así la fuerza residual del músculo (Chen & Power, 2019), pero también existen ocasiones en que el entrenamiento concéntrico no es tan efectivo ya que se encuentra limitado por la escasa fuerza del individuo (Douglas, J. et al., 2016) y podemos conseguir aumentar la potencia muscular y la fuerza acentuando la carga en la fase excéntrica (Elmer et al., 2017; NCT04847427, 2021).

El trabajo puramente excéntrico, como puede ser ciclismo excéntrico, ya sea para miembro inferior o miembro superior sí muestra resultados positivos contrastados, en adultos mayores, en procesos de rehabilitación. Es un método interesante ya que además de trabajar la musculatura nos ofrece

alternativas para personas con enfermedades cardiorrespiratorias para poder realizar trabajo activo, con un menor porcentaje de esfuerzo percibido, menor estrés metabólico y un menor gasto de oxígeno, por lo que conseguimos trabajar varios sistemas del organismo con actividad física (Elmer et al., 2017; NCT03817294, 2018), que anímicamente es algo que puede favorecer también al paciente, haciendo que se vea más capaz de realizar diferentes actividades en su día a día logrando así un sentimiento de superación.

Otro dato sobre el trabajo excéntrico es que durante un periodo de inmovilización, si realizamos este tipo de ejercicios en la extremidad sana, conseguimos mantener un porcentaje mayor de fuerza en el miembro inmovilizado (Andrushko et al., 2018) que si no realizamos ningún tipo de ejercicio durante este periodo. Aunque es cierto que se vieron mejoras en cuanto a la preservación de la fuerza, sería adecuado indagar y observar si esa preservación fué causada por las contracciones isocinéticas excéntricas realizadas en el estudio, o si con un trabajo concéntrico, u otro tipo de trabajo se podrían ver resultados similares.

En cuanto a rendimiento deportivo, se observó que un entrenamiento de sentadilla con fase excéntrica rápida y uno con fase excéntrica de dos segundos no muestran resultados muy diferentes entre sí en cuanto al nivel de mejora muscular en relación con el salto en jugadores de balonmano, pero es cierto que ambos entrenamientos ofrecen un aumento de rendimiento en la musculatura extensora de cadera, además, el entrenamiento con fase ECC de dos segundos muestra una mejora de la cadena muscular posterior (Stastny et al., 2024).

Por otro lado, implementar contracciones isométricas previas al ejercicio concéntrico sí genera un rendimiento muscular mayor y un aumento del trabajo mecánico en esa fase de acortamiento, denotando mejoras notables en fuerza y potencia muscular comparándolo con el movimiento concéntrico simple (Held et al., 2020; Groeber et al., 2020).

Un aspecto modulable a la hora de plantear el trabajo es la resistencia aplicada al movimiento. Acentuar la carga en el movimiento excéntrico aumenta la fuerza y la potencia muscular en deportistas jóvenes, sin embargo, es importante tener en cuenta con qué tipo de población estamos

tratando ya que se ha demostrado (Stec MJ et al., 2017; NCT03455179, 2018) que en pacientes de entre 60-75 años conseguimos mejores resultados implementando en menor medida ejercicios de alta resistencia, consiguiendo un entrenamiento más efectivo con un menor porcentaje de estrés muscular.

También sobre esta población se ha observado (NCT03455179, 2018) que realizar entrenamientos con fases concéntricas explosivas no son de mayor utilidad que un entrenamiento convencional (velocidad de contracción entre dos/tres segundos), ya que es cierto que podemos generar un aumento de la potencia muscular, pero en este caso lo que debemos buscar es un incremento de la fuerza, y no de la potencia, puesto que los efectos de mejora de la fuerza perduran más en el tiempo que los de la potencia.

Un resultado importante y a destacar es que centrar un entrenamiento en ejercicio activo, que se basa principalmente en las contracciones excéntricas y concéntricas, también demuestra mejoras en las actividades de la vida diaria, relacionadas con pruebas como el “Timed up and go” o sentarse y levantarse de una silla, así como mejoras generales en cuanto a movilidad que permite al paciente llevar una vida más sana, simplemente con realizar ejercicios como elevación de pantorrilla y ejercicios de sentadilla (Hill et al., 2021). Si a esto le implementamos ejercicios de miembro superior, junto a ejercicios más específicos de movilidad, equilibrio y coordinación se puede construir un plan de acción completo.

Cabe comentar otro aspecto a tener en cuenta si hablamos de trabajo excéntrico y concéntrico como es el entrenamiento pliométrico, ya que aplicando este ciclo de estiramiento-acortamiento de forma rápida se observan mejoras de la fuerza de contracción voluntaria máxima y la activación neural del cuádriceps (Behrens et al., 2016), y es un entrenamiento interesante para preparar al sistema nervioso central para desarrollar una mejor respuesta al ejercicio.

Respecto a las limitaciones halladas durante el proceso de la investigación, se puede observar como existen una gran cantidad de artículos que tratan sobre los beneficios que nos presentan las contracciones excéntricas, ya sean por sí solas, o implementadas en un entrenamiento mixto pero

por contra, no encontramos tantos artículos actuales que hablen de un entrenamiento utilizando únicamente las contracciones concéntricas como método de tratamiento/entrenamiento. Por esto es complejo realizar una comparación de ambos tipos de contracción aisladamente aunque es cierto que la información es extrapolable ya que un movimiento real en el día a día se compone de ambas fases de movimiento.

Otra limitación que encontramos es la dificultad para determinar qué tipo de trabajo es mejor para cada tipo de población ya que el tipo de actividad que podrá realizar variará según su estado físico o su edad. Debemos adaptar cada parámetro del trabajo muscular (resistencias aplicadas, duración de cada una de las fases y duración total del entrenamiento) según con qué personas nos encontremos trabajando en cada momento.

Como sugerencias sería interesante realizar un estudio donde se compare de manera aislada un grupo de control, uno realizando un entrenamiento utilizando únicamente contracciones excéntricas, y otro utilizando únicamente contracciones concéntricas, para poder así asegurar que los resultados que experimenta cada grupo vienen dados por ese trabajo.

Dentro de futuras investigaciones sería interesante estudiar diferentes tipos de trabajo muscular (ejercicios explosivos, pliométricos o diferentes actividades aumentando o disminuyendo la resistencia aplicada según la fase del entrenamiento) comparando los resultados de cada tipo de trabajo entre sí. Para poder conocer qué nos ofrece cada trabajo y poder aplicarlo así con un mayor conocimiento.

Es necesario también al realizar estos tipos de estudios, acotar la población diana y dividirla según grupos de edad para poder obtener resultados que reflejen mejor la realidad de la población estudiada.

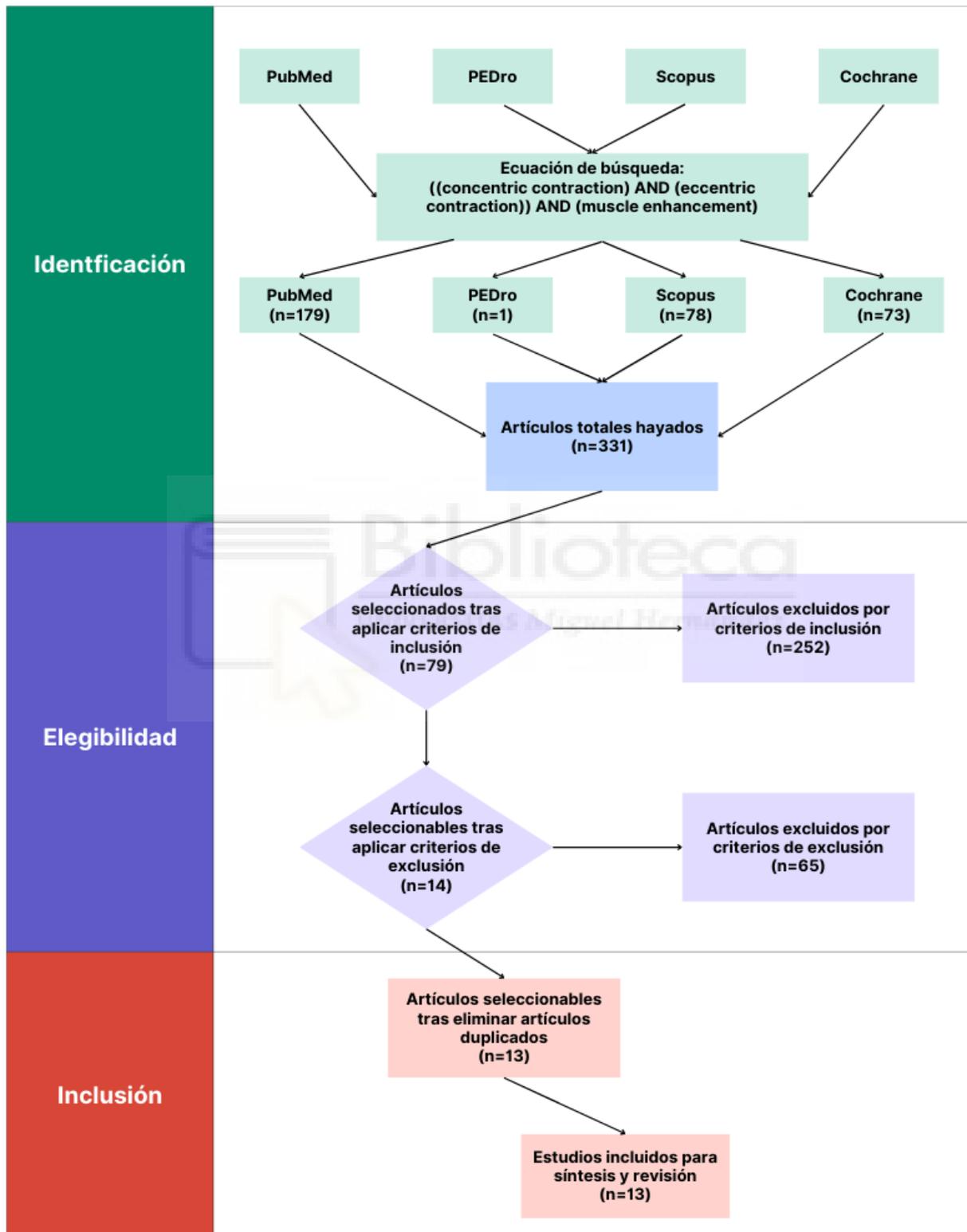
## CONCLUSIONES

Tras todo lo comentado podemos afirmar que:

- 1) El trabajo concéntrico mejora la fuerza muscular, en mayor medida incluso si va precedido de contracciones isométricas.
- 2) Si al trabajo concéntrico le añadimos una velocidad de contracción explosiva mejoraremos la potencia.
- 3) El trabajo excéntrico genera menos sensación de esfuerzo con un menor aporte de oxígeno, es interesante en rehabilitaciones.
- 4) En pacientes sanos podemos conseguir un mayor aumento de fuerza muscular acentuando la carga en esta fase excéntrica.
- 5) El trabajo excéntrico es más lesivo para las articulaciones pero también nos ayuda a aumentar su estabilidad. Cabe tener un mayor control que con el concéntrico.
- 6) El trabajo mixto muestra los mejores resultados en cuanto a mejora de fuerza y potencia en sujetos sanos y deportistas.
- 7) El trabajo mixto aplicado a personas mayores muestra mejores resultados si no es de alta resistencia.
- 8) El trabajo más completo es el mixto añadiendo trabajo isométrico, ya que esto último nos ayuda a preparar el músculo para el entrenamiento, y es un trabajo variable en cuanto a porcentaje de resistencia aplicada, duración y velocidad de contracción.

# ANEXO

Figura 1. Diagrama de flujo.



**TABLA 1. TABLA RESULTADOS.**

TÍTULO, AUTOR Y AÑO	POBLACIÓN Y TAMAÑO MUESTRAL	INTERVENCIÓN Y DOSIFICACIÓN	INSTRUMENTOS DE MEDIDA	ESCALA PEDro	RESULTADOS
<p>Plyometric training improves voluntary activation and strength during isometric, concentric and eccentric contractions. <b>Behrens et al. 2016, Feb.</b></p>	<p>27 participantes sin lesiones neurológicas de una universidad.  2 grupos, intervención y control.</p>	<p>Entrenamiento pliométrico (contracción concéntrica tras una excéntrica en poco tiempo).  6 semanas. 3 sesiones/semana.</p>	<p>Flexión de rodilla de 110°. Técnica de contracción interpolada para medir la activación voluntaria.</p>	<p>Puntuación: 5/10.</p>	<p>El entrenamiento mejoró la fuerza de contracción voluntaria máxima y la activación neural del cuádriceps.</p>
<p>Muscle, functional and cognitive adaptations after flywheel resistance training in stroke patients: a pilot randomized controlled trial. <b>Fernandez-Gonzalo et al. 2016</b></p>	<p>Adultos mayores de 40 años, con accidente cerebrovascular crónico.  32 participantes. 2 grupos de 16, intervención y rutina diaria.</p>	<p>Trabajo con prensa de pierna unilateral con volante de inercia y sobrecarga excéntrica.  2 sesiones/semana. 12 semanas. 4 series de 7 reps.</p>	<p>-Resonancia magnética para volumen del cuádriceps. -Escala de Berg para equilibrio. -La fuerza isométrica unilateral máxima se midió usando una plataforma con una celda de carga para cada pie en la prensa de piernas con volante, en un ángulo de rodilla de 120°.</p>	<p>Puntuación: 6/10</p>	<p>Se observó mayor hipertrofia muscular en el grupo intervenido, además de mejoras en equilibrio y marcha, proporcionando un 100% de adherencia.</p>

TÍTULO, AUTOR Y AÑO	POBLACIÓN Y TAMAÑO MUESTRAL	INTERVENCIÓN Y DOSIFICACIÓN	INSTRUMENTOS DE MEDIDA	ESCALA PEDro	RESULTADOS
<p>Randomized, four-arm, dose-response clinical trial to optimize resistance exercise training for older adults with age-related muscle atrophy.  <b>Stec MJ et al. 2017</b></p>	<p>Adultos entre 60-75 años.  4 grupos.  74 sujetos.</p>	<p><b>Grupo 1</b>-Entrenamiento concéntrico-excéntrico tradicional de alta resistencia.3 días/semana</p> <p><b>Grupo 2</b>-Entrenamiento concéntrico-excéntrico de alta resistencia.2 días/semana</p> <p><b>Grupo 3</b>-modelo mixto. 2 días semana (concéntrico-excéntrico), 1 concéntrico baja resistencia.</p> <p><b>Grupo 4</b>-modelo mixto. 1 día/semana (concéntrico-excéntrico), 1 día/semana concéntrico baja resistencia.</p> <p>4 semanas inicialmente (3 días por semana).  Tas estas 4 semanas, 30 semanas más.</p>	<p>-Absorciometría de rayos X de energía dual.</p> <p>-1RM para prensa de pierna, extensión de rodilla y prensa de pecho.</p> <p>-20 reps extensión de rodilla (45% del 1RM) para medir la fatigabilidad.</p> <p>-Electromiografía de superficie para la activación relativa de la unidad motora.</p> <p>-Prueba de caminata de 6 mins.</p> <p>-La demanda cardiorrespiratoria de midió utilizando un sistema Physiodyne II calibrado.</p>	<p>Puntuación: 7/10</p>	<p>Grupo 3 parece una combinación óptima para ganancias de masa muscular, fuerza, potencia.  Es más efectivo un entrenamiento con menos estrés muscular, e implementar menos la alta resistencia.</p>

TÍTULO, AUTOR Y AÑO	POBLACIÓN Y TAMAÑO MUESTRAL	INTERVENCIÓN Y DOSIFICACIÓN	INSTRUMENTOS DE MEDIDA	ESCALA PEDro	RESULTADOS
Chronic eccentric arm cycling improves maximum upper-body strength and power. <b>Elmer et al. 2017</b>	17 participantes. 2 grupos: A- entrenamiento concéntrico (8). B- excéntrico (9).	Trabajo de ciclismo con brazo excéntrico (grupo B) o concéntrico (grupo A) para el miembro superior del cuerpo.  7 semanas 3 sesiones/semana Las sesiones incrementaban su duración (de 5 hasta 20 mins) y su dureza.	-Prueba incremental concéntrica de ciclismo con brazos. -Absorciometría de rayos X de energía dual para la composición corporal. -Extensión isotónica máxima bilateral del codo para determinar la fuerza máxima de los extensores de codo.	Puntuación: 6/10	No se vio alterada la frecuencia cardíaca ni el esfuerzo percibido entre grupos, mientras aumentó la potencia y fuerza en extensores de codo en grupo B.
Unilateral strength training leads to muscle-specific sparing effects during opposite homologous limb immobilization. <b>Andrushko et al. 2018, Apr.</b>	Población sana de la Universidad de Saskatchewan.  16 participantes. 1 grupo de control y 1 de entrenamiento.	Yeso en muñeca y mano no dominante (izq.) durante 4 semanas. Entrenamiento de contracciones isocinéticas ECC. El de control sin entrenamiento.  Progresivo, 2 series/8 reps, hasta 6s/8r. Mano izq. manteniendo la misma posición que la entrenada.	-Dinamómetro isocinético. -Electromiografía de superficie (activación muscular). -Estimulador de alto voltaje de corriente constante para medir la contracción máxima.	Puntuación: 5/10	El entrenamiento de flexión de la muñeca no inmovilizada preservó fuerza en el brazo inmovilizado.

TÍTULO, AUTOR Y AÑO	POBLACIÓN Y TAMAÑO MUESTRAL	INTERVENCIÓN Y DOSIFICACIÓN	INSTRUMENTOS DE MEDIDA	ESCALA PEDro	RESULTADOS
Personalised Exercise Training in COPD NCT03817294 2018	Pacientes diagnosticados con EPOC. 4 grupos.	Ciclismo, ciclismo ECC, ciclismo unilateral y entrenamiento de resistencia 3 semanas	-FEV1/FVC -Escala de disnea del Medical Research Council.	Puntuación: 5/10	El ejercicio ECC genera menor demanda de energía y oxígeno, ejerciendo menor presión sobre el sistema cardiopulmonar.
Effects of Slow-speed Traditional Resistance Training, High-speed Resistance Training and Multicomponent Training With Variable Resistances on Molecular, Body Composition, Neuromuscular, Physical Function and Quality of Life Variables in Older Adults NCT03455179 2018	Adultos mayores de 60 años 4 grupos. -TRAD, trabajo concéntrico de resistencia a baja velocidad. -HSpeed, a alta velocidad. -MULT, entrenamiento multicomponente -CON, control.	-TRAD, calentamiento y 6 ejercicios de resistencia. -HSpeed, igual pero realizando fase concéntrica explosiva. -MULT, realizan resistencia, equilibrio, coordinación y flexibilidad. 20 semanas 2 sesiones/semana en días no consecutivos. Uso de bandas elásticas.	-Esfuerzo percibido en la Escala OMNI-RES. -Fuerza muscular concéntrica máxima se medirá con un dinamómetro isocinético. -Rendimiento funcional se evalúa con pruebas Senior Fitness. -El rendimiento de las extremidades inferiores se evaluará con la batería de rendimiento físico corto.	Puntuación: 7/10	Los efectos de la fuerza perduran más en el tiempo que la potencia. El nivel de esfuerzo percibido aumentó en el grupo TRAD con el tiempo, mientras que en el grupo Hspeed y MULT no.
Modifiability of the history dependence of force through chronic eccentric and concentric biased resistance training. Chen & Power 2019	Adultos jóvenes sanos 15 participantes	Entrenamiento de dorsiflexión isocinética. Una pierna, ejercicios excéntricos y la otra concéntricos. 4 semanas.	-Sistema dinamométrico HUMAC NORM. -Registraron señales electromiográficas de superficie del músculo tibial anterior. -Ultrasonidos SonoSite M-Turbo para imágenes del fascículo muscular.	Puntuación: 6/10	No se observaron cambios aparentes en la fuerza entre el entrenamiento excéntrico y concéntrico. El entrenamiento excéntrico sí aumentó la longitud de los fascículos musculares.

TÍTULO, AUTOR Y AÑO	POBLACIÓN Y TAMAÑO MUESTRAL	INTERVENCIÓN Y DOSIFICACIÓN	INSTRUMENTOS DE MEDIDA	ESCALA PEDro	RESULTADOS
10% Higher Rowing Power Outputs After Flexion-Extension-Cycle Compared to an Isolated Concentric Contraction in Sub-Elite Rowers. <b>Held et al.</b> <b>2020, June.</b>	Remeros masculinos sanos de sub élite de entre 19 a 31 años con 5 años de experiencia.  31 participantes	Se realizaron 5 brazadas concéntricas, 5 con preconcentración isométricas y 5 tipo FEC (estiramiento + contracción de los flexores de las piernas) 11,4 h +- 5,3h/semana	-Remo ergómetro frenado por viento, se equipó adicionalmente con el FES Ruderergo-System, utilizando una célula de carga para medir la fuerza del mango. -Se empleó un sistema de captura de movimiento para además determinar la velocidad del asiento.	Puntuación: 4/10	Se genera un mayor rendimiento muscular si precedemos la contracción de una preparación isométrica. Un FEC denota mejoras notable en fuerza y potencia sobre un remo concéntrico.
Contribution of Stretch-Induced Force Enhancement to Increased Performance in Maximal Voluntary and Submaximal Artificially Activated Stretch-Shortening Muscle Action. <b>Groeber et al.</b> <b>2020, Nov.</b>	Adultos sanos de entre 20 y 33 años.  27 participantes, 12 mujeres y 15 hombres.	Calentamiento general y específico de cuádriceps. Se realizaron contracciones voluntarias en tres tandas: 1- Isométricas 2-Concéntricas 3- Excéntricas  2 repeticiones de cada contracción.	-Dinamómetro isocinético. -Sistema de captura de movimiento Vicon Nexus. -Señales electromiográficas de vasto medial y rectos femorales.	Puntuación: 4/10	Existe un aumento de trabajo mecánico durante la fase de acortamiento del SSC en todas las intensidades.

TÍTULO, AUTOR Y AÑO	POBLACIÓN Y TAMAÑO MUESTRAL	INTERVENCIÓN Y DOSIFICACIÓN	INSTRUMENTOS DE MEDIDA	ESCALA PEDro	RESULTADOS
Recovery Kinetics After Different Power Training Protocols (PTRRecovery) <b>NCT04847427</b> <b>2021</b>	Hombres de entre 18 a 30 años, sanos, con al menos 1 año de experiencia en ejercicios de fuerza.  10 participantes	1- Ejercicios básicos 2- Ejercicios estructurales 3- Carga ECC acentuada 4- Control  Cada grupo realizará 4 ejercicios específicos, de 4 series y 5 reps cada uno. El proceso consta de 24 visitas de control separadas 1 cada semana.	-Escala EVA para medir aparición tardía de dolor muscular. -Plataforma de fuerza, cambios en altura y potencia de salto. -Sistema electromiográfico EMG Myon MA-320. -Contracción isométrica voluntaria máxima (10seg.), para medir la fatiga.	Puntuación: 4/10	El entrenamiento ECC acentuado mejora la potencia muscular y se observa mayor producción de fuerza.
Effects of Flywheel Training With Eccentric Overload on Standing Balance, Mobility, Physical Function, Muscle Thickness, and Muscle Quality in Older Adults. <b>Hill et al.</b> <b>2021</b>	Adultos mayores de 60 años.  19 participantes. 1 grupo control (8) y uno de entrenamiento con volante ECC(11)	Grupo de entrenamiento con volante de sobrecarga excéntrica realizó ejercicios de sentadilla y elevación de pantorrilla.  6 semanas 2 sesiones/semana	-Ecografía para medir el grosor y la calidad del músculo vasto lateral y gastrocnemio medial. - Prueba “Timed Up and Go” para medir la movilidad.	Puntuación: 5/10	Se obtuvieron mejoras en el grosor del músculo vasto lateral, una mejora de la prueba “Timed up and go”, junto a mejoras de movilidad.

TÍTULO, AUTOR Y AÑO	POBLACIÓN Y TAMAÑO MUESTRAL	INTERVENCIÓN Y DOSIFICACIÓN	INSTRUMENTOS DE MEDIDA	ESCALA PEDro	RESULTADOS
<p>Effects of Eccentric Speed during Front Squat Conditioning Activity on Post-activation Performance Enhancement of Hip and Thigh Muscles. <b>Stastny et al. 2024</b></p>	<p>Jugadores de balonmano sanos de entre 16 a 19 años con al menos 2 años de experiencia.  16 participantes.</p>	<p>Sesiones de acondicionamiento de carga para mejorar el rendimiento posterior a la activación. 2 protocolos de sentadillas, variando el ritmo del ejercicio y la carga excéntrica. 1-Protocolo con fase ECC de dos seg. 2-Protocolo con fase ECC rápida.  1 sesión de familiarización y 4 experimentales.</p>	<p>-Dinamómetro isocinético. -3 saltos en contramovimiento (CMJ) en dos placas de fuerza para rendimiento de salto.</p>	<p>Puntuación: 5/10</p>	<p>No se vio aumento significativo en el salto entre protocolos. No se vio diferencias de rendimiento con el protocolo excéntrico rápido sobre el de 2s. El protocolo con fase ECC de dos segundos mostró mayor mejora en la cadena muscular posterior.</p>

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

-Andrushko, J. W., Lanovaz, J. L., Björkman, K. M., Kontulainen, S. A., & Farthing, J. P. (2018). Unilateral strength training leads to muscle-specific sparing effects during opposite homologous limb immobilization. *Journal Of Applied Physiology*, 124(4), 866-876.

-Azevedo, P. H. S. M., De Oliveira, M. G., & Schöenfeld, B. J. (2022). Effect of different eccentric tempos on hypertrophy and strength of the lower limbs. *Biology Of Sport*, 39(2), 443-449.

-Behrens, M., Mau-Moeller, A., Mueller, K., Heise, S., Gube, M., Beuster, N., Herlyn, P. K., Fischer, D., & Bruhn, S. (2016). Plyometric training improves voluntary activation and strength during isometric, concentric and eccentric contractions. *Journal Of Science And Medicine In Sport*, 19(2), 170-176.

-Chen, J., & Power, G. A. (2019). Modifiability of the history dependence of force through chronic eccentric and concentric biased resistance training. *Journal Of Applied Physiology*, 126(3), 647-657.

-Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. R. (2016a). Eccentric Exercise: Physiological Characteristics and Acute Responses. *Sports Medicine*, 47(4), 663-675.

-Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. R. (2016). Chronic Adaptations to Eccentric Training: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 47(5), 917-941.

-Elmer, S. J., Anderson, D. J., Wakeham, T. R., Kilgas, M. A., Durocher, J. J., Lindstedt, S. L., & LaStayo, P. C. (2017). Chronic eccentric arm cycling improves maximum upper-body strength and power. *European Journal Of Applied Physiology*, 117(7), 1473-1483.

- Estrázulas, J. A., Estrázulas, J. A., De Jesus, K., De Jesus, K., Da Silva, R. A., & Santos, J. o. L. D. (2020). Evaluation isometric and isokinetic of trunk flexor and extensor muscles with isokinetic dynamometer: A systematic review. *Physical Therapy In Sport*, 45, 93-102.
- Fernandez-Gonzalo, R., Fernandez-Gonzalo, S., Turon, M., Prieto, C., Tesch, P. A., & Del Carmen García-Carreira, M. (2016). Muscle, functional and cognitive adaptations after flywheel resistance training in stroke patients: a pilot randomized controlled trial. *Journal Of Neuroengineering And Rehabilitation*, 13(1).
- Freeman, B. W., Young, W., Talpey, S., Smyth, A. M., Pane, C., & Carlon, T. (2019). The effects of sprint training and the Nordic hamstring exercise on eccentric hamstring strength and sprint performance in adolescent athletes. *Journal Of Sports Medicine And Physical Fitness/The Journal Of Sports Medicine And Physical Fitness*, 59(7).
- Groeber, M., Stafilidis, S., Seiberl, W., & Baca, A. (2020). Contribution of Stretch-Induced Force Enhancement to Increased Performance in Maximal Voluntary and Submaximal Artificially Activated Stretch-Shortening Muscle Action. *Frontiers In Physiology*, 11.
- Held, S., Siebert, T., & Donath, L. (2020). 10% Higher Rowing Power Outputs After Flexion-Extension-Cycle Compared to an Isolated Concentric Contraction in Sub-Elite Rowers. *Frontiers In Physiology*, 11.
- Hill, M. W., Roberts, M., Price, M. J., & Kay, A. D. (2021). Effects of Flywheel Training With Eccentric Overload on Standing Balance, Mobility, Physical Function, Muscle Thickness, and Muscle Quality in Older Adults. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 36(11), 3190-3199.
- Hody, S., Croisier, J., Bury, T., Rogister, B., & Leprince, P. (2019). Eccentric Muscle Contractions: Risks and Benefits. *Frontiers In Physiology*, 10.

-MacDougall, J. D., Tuxen, D. V., Sale, D. G., Moroz, J., & Sutton, J. R. (1985). Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. *Journal Of Applied Physiology*, 58(3), 785-790.

-Marathamuthu, S., Selvanayagam, V. S., & Yusof, A. (2020). Contralateral Effects of Eccentric Exercise and DOMS of the Plantar Flexors: Evidence of Central Involvement. *Research Quarterly For Exercise And Sport*, 93(2), 240-249.

-Methenitis, S., Theodorou, A. A., Chatzinikolaou, P. N., Margaritelis, N. V., Nikolaidis, M. G., & Paschalis, V. (2023). The effects of chronic concentric and eccentric training on position sense and joint reaction angle of the knee extensors. *European Journal Of Sport Science*, 23(7), 1164-1174.

-NCT03455179

Disponible en: <https://clinicaltrials.gov/show/NCT03455179>

-NCT03817294

Disponible en: <https://clinicaltrials.gov/show/NCT03817294>

-NCT04847427

Disponible en: <https://clinicaltrials.gov/show/NCT04847427>

-Nishikawa, K. C. (2016). Eccentric contraction: unraveling mechanisms of force enhancement and energy conservation. *Journal Of Experimental Biology*, 219(2),189-196.

-Peterson, M., Butler, S., Eriksson, M., & Svärdsudd, K. (2014). A randomized controlled trial of eccentric vs. concentric graded exercise in chronic tennis elbow (lateral elbow tendinopathy). *Clinical Rehabilitation*, 28(9), 862-872.

-Ruas, C. V., Pinto, R. S., Haff, G. G., Lima, C. D., & Brown, L. E. (2019). Effects of Different Combinations of Concentric and Eccentric Resistance Training Programs on Traditional and Alternative Hamstrings-to-Quadriceps Ratios. *Sports*, 7(10), 221.

-Stastny, P., Kolinger, D., Pisz, A., Wilk, M., Petruzela, J., & Krzysztofik, M. (2024). Effects of Eccentric Speed during Front Squat Conditioning Activity on Post-activation Performance Enhancement of Hip and Thigh Muscles. *Journal Of Human Kinetics*, 91, 5-18.

-Stec MJ, Thalacker-Mercer A, Mayhew DL, Kelly NA, Tuggle SC, Merritt EK, Brown CJ, Windham ST, Dell'Italia LJ, Bickel CS, Roberts BM, Vaughn KM, Isakova-Donahue I, Many GM, Bamman MM. Randomized, four-arm, dose-response clinical trial to optimize resistance exercise training for older adults with age-related muscle atrophy. *Exp Gerontol*. 2017 Dec 1;99:98-109. doi: 10.1016/j.exger.2017.09.018. Epub 2017 Sep 28. PMID: 28964826; PMCID: PMC5765758.

