

VARIABLES DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN LA HIPERTROFIA

4º curso

FACULTAD CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y
DEPORTE



Realizado por: Alejandro Álvarez Ginés

Grupo TFG: Rendimiento (M-42)

Año Académico: 2021-2022

Tutor/a: Rafael Manuel Navarro

Área: Revisión Bibliográfica

RESUMEN:

Esta revisión bibliográfica tiene el objetivo de sintetizar las diferentes variables que intervienen en el entrenamiento de fuerza aplicado a la hipertrofia muscular, y observar de forma práctica como implementarlas en un programa de entrenamiento.

Son muchas las variables y factores que hay que tener en cuenta si queremos maximizar las ganancias de masa muscular. Por ello, en este trabajo se tratará cada factor y la forma más eficaz de hacerlo.

Se examinarán variables como el volumen y la frecuencia de entrenamiento idónea para la hipertrofia, así como influye la carga, la selección de los ejercicios, el tipo de acción muscular, la duración de los intervalos de descanso, la duración de la repetición, el orden de los ejercicios, el rango de movimiento y el carácter de esfuerzo.

En cuanto a los resultados de los artículos muchos coinciden que es necesario un volumen de entrenamiento alto, una frecuencia semanal de dos veces por semana, un uso de cargas amplio, una adecuada selección de los ejercicios en base a la anatomía, inclusión de acciones tanto concéntricas como excéntricas, descansos adecuados en base al ejercicio y su fatiga generada, repeticiones de duración de 0,5-8 segundos, un correcto orden de los ejercicios, el uso de un rango de movimiento completo y un grado de esfuerzo próximo al fallo muscular, para maximizar las ganancias de masas muscular.

Como conclusión, un correcto manejo de las diferentes variables va a ser un factor clave, no solo para mejorar el rendimiento, sino para tener resultados óptimos para producir hipertrofia.

ABSTRACT:

This literature review aims to synthesize the different variables involved in strength training applied to muscle hypertrophy and observe in a practical way how to implement them in a training program.

There are many variables and factors that must be considered if we want to maximize muscle mass gains. Therefore, in this work, each factor, and the most effective way to do it will be discussed.

Variables such as the ideal volume and frequency of training for hypertrophy will be examined, as well as the influence of load, exercise selection, type of muscle action, duration of rest intervals, duration of repetition, order of exercises, range of motion, and intensity of effort.

Regarding the results of the articles, many agree that a high training volume is necessary, a weekly frequency of twice a week, a wide use of loads, an adequate selection of exercises based on the anatomy, inclusion of actions both concentric and eccentric, adequate rest based on the exercise and its generated fatigue, repetitions lasting 0.5-8 seconds, a correct order of the exercises, the use of a full range of motion and a degree of effort close to muscular failure , to maximize muscle mass gains.

In conclusion, a correct management of the different variables will be a key factor, not only to improve performance, but also to have optimal results to produce hypertrophy.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. OBJETIVOS	11
3. METODOLOGÍA	11
3.1. DISEÑO.....	12
3.2. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA.....	12
3.3. CRITERIOS DE SELECCIÓN.....	12
3.4. DIAGRAMA DE FLUJO	13
4. RESULTADOS	14
4.1. CUADRO RESUMEN DE LOS ARTÍCULOS UTILIZADOS.....	14
4.2. RESUMEN DE LOS ARTÍCULOS SELECCIONADOS.....	18
5. DISCUSIÓN.....	30
6. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	37
7. CONCLUSIONES.....	38
8. BIBLIOGRAFÍA.....	40
9. ANEXOS.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	7
Figura 2	18
Figura 3	22
Figura 4	23
Figura 5	24
Figura 6	29
Figura 7	37

1. INTRODUCCIÓN

El entrenamiento de fuerza ha sido recomendado como un método efectivo para incrementar la fuerza y la masa muscular, además el papel del músculo esquelético en la salud es muy importante, ya que niveles bajos de ésta conlleva a tener problemas como la osteoporosis o la sarcopenia (Ratamess, 2012).

Es por ello por lo que la manipulación de las distintas variables del entrenamiento fuerza es considerado un aspecto clave para maximizar las ganancias de masa muscular (Schoenfeld et al., 2017).

En el pasado se habían seguido las recomendaciones de la American College of Sports Medicine (ACSM) en el cual hablaba de que los programas específicos de fuerza incluyen el uso de acciones musculares tanto concéntricas como excéntricas y la realización de ejercicios tanto monoarticulares como multiarticulares (Ratamess, 2012).

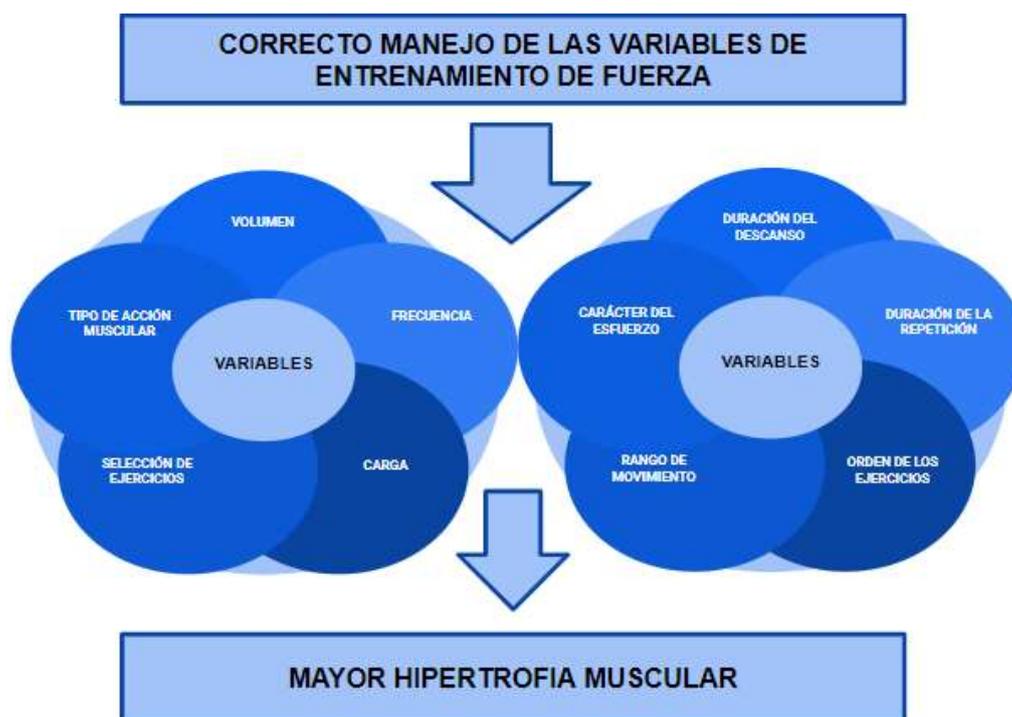
También se recomendaba que la secuencia óptima a la hora de optimizar un programa de entrenamiento de fuerza consistía en entrenar músculos más grandes antes que grupos musculares más pequeños, ejercicios de articulaciones múltiples antes de ejercicios de una sola articulación y ejercicios de mayor intensidad antes de ejercicios de menor intensidad (Ratamess, 2012) Otras recomendaciones de la ACSM consistían en utilizar distintos rangos de repeticiones dependiendo del nivel de la persona, para principiantes de 8-12 repeticiones el 1RM, para intermedios y avanzados usar rangos entre 1-12 RM con una moderada velocidad de contracción. Además, la ACSM aconsejaba una frecuencia entrenamiento entre 2 y 3 para principiantes e intermedios y entre 4 y 5 días a la semana para avanzados, y en cuanto al volumen de entrenamiento realizar múltiples series con alto volumen (Ratamess, 2012)

En la actualidad estas antiguas recomendaciones pueden haber cambiado por ello es importante conocer y saber distribuir de la mejor forma posible las distintas variables que rodean un programa de entrenamiento de fuerza para así maximizar las ganancias de masa muscular, estas son: el volumen, la frecuencia, la carga, la

selección de los ejercicios, el tipo de acción muscular, la duración de los intervalos de descanso, la duración de la repetición, el orden de los ejercicios, el rango de movimiento y el carácter de esfuerzo (Schoenfeld, 2020).

A continuación, se presenta en la figura 1 el impacto que puede tener el manejo de las diferentes variables del entrenamiento de fuerza sobre la hipertrofia muscular.

Figura 1 Variables del entrenamiento de fuerza



Nota. Esquema de las diferentes variables del entrenamiento de fuerza y su efecto en la hipertrofia. Elaboración propia.

A continuación, se va a hacer un análisis de las diferentes variables del entrenamiento de fuerza enfocado a la hipertrofia.

Volumen

El volumen de entrenamiento se refiere a la cantidad de ejercicios realizados en un período de tiempo, se suele expresar como el producto de las series x repeticiones x por la carga (Schoenfeld et al., 2017).

Las series totales por grupo muscular por semana pueden ser clasificadas como bajas (<5), medias (5–9) o altas (10+), las series totales por grupo muscular por semana son categorizadas como más bajas (<9) o más altas (9+). Se ha

comprobado que, hubo una tendencia de dosis-respuesta con 2-3 series y 4-6 series por ejercicio asociadas con un mayor tamaño muscular versus 1 sola serie (Schoenfeld et al., 2017).

Existen evidencias de que al menos 10 series semanales por grupo muscular son necesarias para maximizar el incremento de masa muscular (Schoenfeld et al., 2017).

Frecuencia

La frecuencia de entrenamiento se refiere al número de sesiones de ejercicios realizadas en un determinado período tiempo, la frecuencia incluye el número de veces que se trabaja un grupo muscular a lo largo de una semana, por ello se puede variar la frecuencia para manipular el volumen de trabajo (Schoenfeld et al., 2019). Cuando se han comparado estudios que investigaban entrenar grupos musculares entre 1 a 3 días por semana de entrenamiento con volumen igualado, la evidencia indica que frecuencias de 2 veces por semana promueven unas mayores ganancias hipertroficas comparada a una vez, no está del todo claro si entrenar más de 3 días por semana pudiera mejorar la respuesta a la hipertrofia (Schoenfeld, Ogborn & Krieger, 2016).

Sin embargo, es de utilidad de repartir el volumen en mayores frecuencias semanales, y cobra importancia a medida que se implementan volúmenes de entrenamiento más elevados, es por ello por lo que las rutinas divididas permiten mantener o aumentar el volumen de entrenamiento semanal total con menos series por sesión y una mayor recuperación entre sesiones (Schoenfeld, 2020)

Carga

La intensidad de la carga se refiere al porcentaje del 1 RM empleado en un ejercicio dado. La intensidad de la carga se clasifica en distintos rangos de repeticiones, rangos pesados (1 a 5 RM), medios (6 A 12 RM) y ligeros (+15 RM) (Schoenfeld., 2020).

Estudios indican que entrenar en un espectro de cargas del (30% a 90% del 1RM) pueden usarse para producir hipertrofia en individuos adultos varones no entrenados (Lacio et al., 2021).

Selección de los ejercicios

La selección de ejercicios consiste en escoger aquellos ejercicios que tengan en cuenta parámetros como el ángulo de trabajo, el plano de movimiento, el eje de la articulación o la posición de las extremidades, todos estos parámetros pueden afectar al trabajo de la musculatura por ello una buena selección de ejercicios puede contribuir al grado de hipertrofia selectiva de los músculos (Schoenfeld, 2020).

De hecho, una variación y combinación de ejercicios para trabajar un grupo muscular parece ser lo más idóneo para producir hipertrofia (Fonseca et al., 2014).

Tipo de acción muscular

Existen 3 tipos de acciones musculares: las concéntricas (musculatura se acorta), las excéntricas (musculatura se elonga), y las isométricas (no se produce “movimiento” (Schoenfeld, 2020).

Tanto el entrenamiento excéntrico como concéntrico produce similar hipertrofia muscular (Franchi et al., 2014).

Duración de los intervalos de descanso

De acuerdo Schoenfeld (2020), los intervalos de descanso se refieren al tiempo intermedio entre las series, y se puede dividir en 3 categorías:

Cortos: 30 segundos o menos.

Moderados: 60 a 90 segundos.

Largos: 3 minutos o más.

Las investigaciones demuestran que utilizar diferentes intervalos de descanso puede llegar a tener diferentes efectos sobre la respuesta aguda al entrenamiento de fuerza y por ello puede afectar a las adaptaciones hipertróficas, se recomienda utilizar descansos más cortos en ejercicios más mono articulares y menos fatigantes, y descansos más largos en ejercicios más demandantes y multiarticulares (Grgic et al., 2017).

Duración de la repetición

La duración de la repetición representa la suma de los componentes concéntricos, excéntricos e isométricos de una repetición y se basa en el ritmo al cual ésta se

realiza. Un ejemplo sería: 2-1-3, 2 concéntrica, 1 isométrica y 3 excéntrica, en este caso la repetición ha durado 6 segundos (Wilk, Zajac & Tufano, 2021).

Se observó que se encontraron resultados hipertróficos similares cuando se entrena con duraciones de repetición que oscilan entre 0,5 y 8 segundos; por lo tanto, desde un punto de vista práctico, parecería que se puede emplear un rango bastante amplio de duraciones de repeticiones si el objetivo principal es maximizar el crecimiento muscular.

Otros resultados sugieren que el entrenamiento en duraciones voluntariamente muy lentas (10 s por repetición) es inferior desde el punto de vista de la hipertrofia, aunque la falta de estudios controlados sobre el tema dificulta sacar conclusiones definitivas (Schoenfeld et al., 2015a). Se indica que para hipertrofia el tiempo total bajo tensión por serie debe ser de entre 40-70 segundos (Wilk et al., 2021).

Hackett et al. (2018) explica que es efectivo usar una combinación de velocidades de movimiento rápidas y de moderadas a lentas durante el entrenamiento de fuerza para mejorar hipertrofia muscular. Puede haber beneficio dedicando más parte del entrenamiento hacia velocidades moderado-lento de movimiento al entrenar los cuádriceps y velocidades concéntricas más rápidas al entrenar el bíceps braquial.

Orden de los ejercicios

Hace referencia al orden en el cual cada ejercicio está distribuido en una sesión de entrenamiento, es por ello por lo que el orden en el cual se distribuye cada ejercicio puede afectar al rendimiento o incluso a las ganancias hipertróficas (Carpinelli, 2013).

Realmente existe muy poca evidencia que sugiera que una secuencia específica de ejercicios afecte a las ganancias de masa muscular (Carpinelli, 2013).

Rango de movimiento

El rango de movimiento es el grado de movimiento que ocurre en una articulación específica durante la ejecución de un ejercicio, puede ser completo si estiramos llevando el movimiento a un estiramiento máximo, o parcial si limitamos una parte de ese rango de movimiento (Schoenfeld, 2020).

Parece que un rango de movimiento completo es más efectivo que un rango de movimiento parcial para maximizar las ganancias de fuerza y de hipertrofia de las extremidades inferiores (Pallarés et al., 2021).

Carácter de esfuerzo

El carácter del esfuerzo es la intensidad con la que realizamos una serie, este suele calcularse en función de su proximidad al fallo muscular, éste es el punto en el cual los músculos ya no pueden producir la fuerza necesaria para levantar concéntricamente una carga determinada en una serie, la razón principal para entrenar al fallo es que maximiza el reclutamiento de todas las unidades motoras (Schoenfeld, 2020).

Se ha visto que el entrenamiento hasta el fallo muscular o quedarse cerca del fallo muscular, produce similares incrementos en fuerza y masa muscular (Grgic et al., 2021).

2. OBJETIVOS

Objetivo general:

-Realizar una revisión sistemática de la literatura científica acerca de las diferentes variables del entrenamiento de fuerza aplicado a la hipertrofia.

Objetivo específico:

-Conocer la aplicación práctica de las diferentes variables en un programa de entrenamiento de fuerza aplicado a la hipertrofia.

3. METODOLOGÍA

En este epígrafe, se explicará, la metodología empleada para el correcto desarrollo del trabajo. Se divide en el diseño, la estrategia de búsqueda empleada, el criterio de selección de los artículos utilizados para la realización del presente trabajo y, por último, el diagrama de flujo.

Para encontrar los artículos, se buscó dentro de la Biblioteca CRAI de la universidad, en “MEDLINE complete” y en “SportDiscus texto completo”.

3.1. Diseño

Para la realización del trabajo se llevó a cabo una revisión bibliográfica centrada en las diferentes variables del entrenamiento de fuerza aplicadas a la hipertrofia muscular.

3.2. Estrategia de búsqueda

El propósito de la utilización de estas bases de datos es: ofrecer un contenido científico de alta calidad a partir de la fiabilidad de sus fuentes.

El buscador utilizado para la revisión fue Medline Complete y SportDiscus con texto completo.

Para ello se utilizaron las siguientes palabras clave: (hypertrophy and strength training or resistance training AND training volume AND exercise selection AND training frequency AND rest interval length AND repetition duration AND exercise order AND intensity effort AND range of motion AND load AND type of muscle action) NOT (supplementation or supplements or supplement or nutrition) NOT (blood flow restriction or occlusion training or restriction of blood flow or partial occlusion or kaatsu) NOT (gene or genes or genetic or genetics or genome or hereditary) NOT concurrent training NOT (diet or nutrition or food habit or eating habit or lifestyle or food).

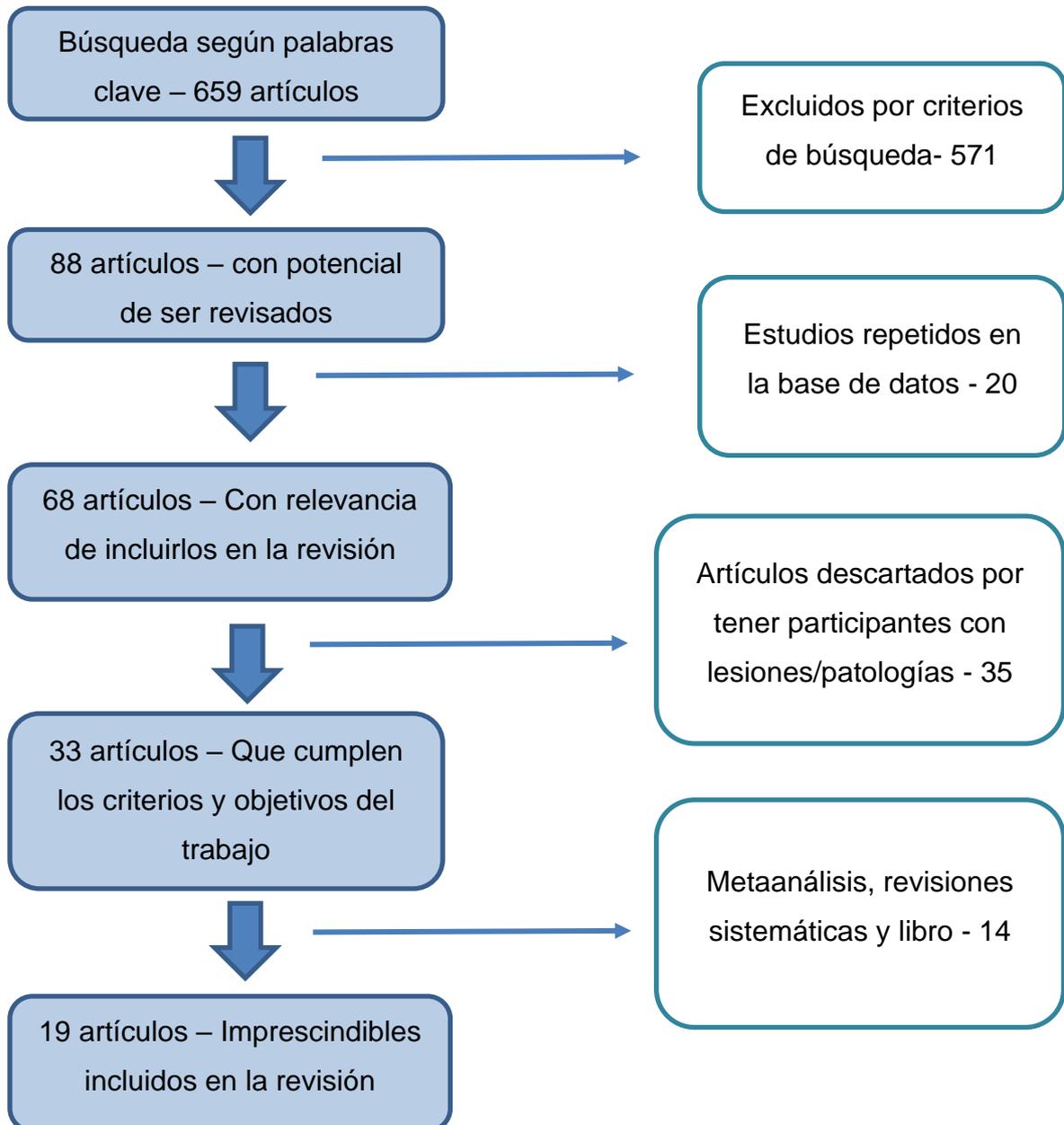
3.3. Criterios de selección

Los criterios de selección llevados a cabo para la elección de los artículos utilizados, son los siguientes:

- Búsqueda limitada a los 10 últimos años.
- Idioma en inglés.
- Artículos con texto completo.

3.4. Diagrama de flujo

A continuación, se presenta las diferentes partes del diagrama de flujo.



4.1. Cuadro resumen de los artículos utilizados

A continuación, se presenta el cuadro resumen de los artículos relacionados. Dentro del cuadro se expondrán los autores, las metodología, las variables y los resultados y conclusiones.

AUTORES Y AÑO	METODOLOGÍA	VARIABLES	RESULTADOS Y CONCLUSIONES
Aguiar et al. (2015)	27 hombres jóvenes fueron divididos en 3 grupos: control no entrenado, entrenamiento tradicional (TR) y entrenamiento exhaustivo previo (PE). La duración fue de 8 semanas realizando el ejercicio de extensión de rodilla en máquina. El CSA se midió por MRI.	Fuerza dinámica máxima, el volumen de entrenamiento, el EMG, el CSA muscular.	Después de 8 semanas, el grupo PE experimentó un aumento mayor en 1RM, área transversal y LME que el grupo TR.
Barbalho et al. (2020)	37 sujetos entrenados fueron divididos en grupos que realizaron 5, 10, 15 y 20 series por grupo muscular por semana. Se realizaron pruebas de diez repeticiones máximas (10RM) para press de banca, jalón, prensa de piernas a 45° y peso muerto con piernas rígidas. El grosor muscular se midió mediante ultrasonido. El estudio tuvo una duración de 24 semanas.	Grosor muscular, el 10 RM.	Todos los grupos mostraron aumentos significativos en todas las pruebas de 10RM y medidas de MT después de 12 y 24 semanas en comparación con antes.
Barcelos et al. (2018)	Se utilizó un diseño intra-sujetos en el que 20 hombres jóvenes no entrenados tenían una pierna asignada aleatoriamente a una frecuencia de RT5 y la otra a RT3 o a RT2. 1 RM y el área transversal del músculo (CSA) se evaluaron al inicio del estudio, después de 4 y 8 semanas de RT. El CSA se midió con ultrasonido.	Prueba de fuerza dinámica máxima, el CSA muscular.	No hubo diferencias significativas en el grosor muscular entre los grupos.
Baz-Valle et al. (2019)	21 hombres entrenados fueron aleatorizados para realizar un programa de entrenamiento de fuerza de 8 semanas utilizando una selección de ejercicios fijos o ejercicios variados aleatoriamente. Realizaron 3 series de 6 ejercicios, con entrenamiento realizado 4 veces por semana. El estudio tuvo una duración de 8 semanas.	Grosor muscular, la composición corporal, la fuerza dinámica máxima.	La selección variada de ejercicios tuvo un efecto positivo en el aumento de la motivación para entrenar en hombres entrenados en fuerza, al mismo tiempo que provocó mejoras similares en las adaptaciones musculares.
Fink et al. (2018)	Diez atletas jóvenes entrenaron con descanso corto (30 s) combinado con carga baja (20 RM) (SL) y otros diez atletas jóvenes realizaron el mismo protocolo con	Contracción isométrica voluntaria máxima (MVC), el CSA	No se pudo observar una correlación significativa entre las elevaciones agudas de

	descanso largo (3 min) y carga alta (8 RM) (LH). El CSA se midió mediante MRI antes y después de 8 semanas de entrenamiento.	muscular, volumen de entrenamiento, análisis de sangre.	GH y los aumentos de CSA.
Fonseca et al. (2014)	49 sujetos activos fueron asignados aleatoriamente a un protocolo de entrenamiento de fuerza que implicaba realizar sentadillas en máquina Smith o una combinación de sentadillas en máquina Smith, Press de piernas, zancadas y peso muerto. todos los sujetos realizaron 6-10 RM de cada ejercicio dos veces por semana. El CSA se midió con MRI. El estudio tuvo una duración de 12 semanas.	El CSA muscular, el 1RM.	El área transversal del cuádriceps incrementó de forma similar en todos los grupos experimentales. Los grupos que variaron los ejercicios a lo largo del programa de entrenamiento presentaron mayor hipertrofia en todas las cabezas del músculo cuádriceps.
Franchi et al. (2014)	12 hombres jóvenes se dividieron entre 2 grupos de entrenamiento, 6 en concéntrico y 6 en excéntrico, se utilizó la prensa de piernas. El CSA se midió por MRI. El estudio tuvo una duración de 10 semanas.	El EMG, la morfología y arquitectura muscular, la máxima contracción voluntaria.	Se encontraron aumentos similares en el volumen muscular y en la contracción isométrica voluntaria máxima después del entrenamiento fuerza.
Heaselgrave et al. (2019)	42 hombres con experiencia fueron asignados aleatoriamente a un grupo de volumen bajo, moderado y alto, realizando 9, 18, o 27 series semanales de entrenamiento de fuerza de bíceps, respectivamente, durante 6 semanas. El CSA se midió por ultrasonido.	Características antropométricas, el grosor muscular, la fuerza isométrica máxima, la fuerza isotónica máxima.	El grosor muscular aumentó significativamente en todos los grupos para bajo, medio y alto, respectivamente; al igual que la fuerza de 1RM. La fuerza isométrica aumentó significativamente solo en alta.
Maeo et al. (2018)	20 hombres físicamente activos realizaron contracciones excéntricas máximas isocinéticas de una sola articulación de los extensores de la rodilla en una pierna (pierna ECC) y concéntricas en la otra (pierna CON). La duración fue de 10 semanas.	Dinamómetro isocinético, el torque muscular, el EMG, el ACSA.	Torque y EMG aumentaron significativamente en ambas piernas después de la semana 1 y la semana 4, respectivamente, con un mayor grado para ECC-pierna. El volumen muscular también aumentó solo en ECC-pierna.
Mitchell et al. (2012)	18 hombres recreacionalmente activos tenían sus piernas asignadas aleatoriamente a dos de tres condiciones de entrenamiento que diferían en la intensidad de la contracción: 30%-3, 80%-1, y 80% 3. El CSA se midió por MR y biopsias.	1RM, la contracción isométrica voluntaria máxima (MVC), la tasa de desarrollo de fuerza isométrica	Ambos entrenamientos de fuerza producen similar hipertrofia muscular y puede resultar del levantamiento de cargas hasta el fallo con cargas más altas (80% de 1RM) y más

		(RFD), la potencia máxima, el CSA.	bajas (30% de 1RM). El volumen de entrenamiento varía según la respuesta individual al entrenamiento de fuerza.
Ochi et al. (2018)	20 hombres estudiantes no entrenados realizaron ejercicios de extensión de rodilla al 67 % de su máximo estimado de una repetición, ya sea una sesión por semana o tres sesiones por semana. La hipertrofia muscular se evaluó con la circunferencia del muslo y el grosor del músculo cuádriceps. El estudio tuvo una duración de 11 semanas.	Circunferencia del muslo, el torque máximo de contracción voluntaria, el grosor muscular, calificación del esfuerzo percibido, la rigidez muscular, el 1 RM.	Después de 11 semanas de entrenamiento, ambos grupos exhibieron mejoras significativas en la circunferencia del muslo, el grosor muscular y la MVC en comparación con los valores iniciales.
Sampson & Groeller, (2016)	28 hombres sin entrenar fuerza 6 meses previos fueron asignados de forma aleatoria a realizar flexiones de codo resistidas en 1 de 3 grupos: El CSA se midió por MRI. El estudio tuvo una duración de 12 semanas.	MVC torque del flexor del codo, la activación del músculo flexor del codo, el CSA del musculo flexor de codo, la cinemática de flexión del codo.	Adaptaciones similares en los tres regímenes de entrenamiento de fuerza sugieren que el fallo muscular de las repeticiones no es crítico para provocar cambios neurales y estructurales significativos en el músculo esquelético.
Santaniello et al. (2020)	A 14 sujetos entrenados se les asignó aleatoriamente una pierna al fallo muscular RT-F y la otra a no fallo RT-NF. Cada pierna fue entrenada 2 días a la semana durante 10 semanas.	El CSA, el ángulo de peneación y longitud del fascículo, nº de repeticiones, volumen de carga, la fuerza dinámica máxima, la activación muscular.	Todos los protocolos mostraron aumentos significativos y similares en prensa de piernas y extensión de rodilla. No se detectaron diferencias significativas en la amplitud de EMG entre los protocolos
Schoenfeld et al. (2015b)	18 hombres con experiencia en RT fueron asignados al azar a 1 de 2 grupos experimentales: una rutina de fuerza de baja carga donde se realizaron 25-35 repeticiones por serie por ejercicio) o una rutina de fuerza de alta carga. El CSA se midió por ultrasonido. El estudio tuvo una duración de 8 semanas.	Grosor muscular de flexores y extensores de codo, grosor muscular del cuádriceps, el 1RM, 50% del press banca.	El entrenamiento con cargas bajas puede ser un método eficaz para aumentar la hipertrofia muscular de las extremidades en hombres bien entrenados.
Schoenfeld et al. (2015c)	19 hombres fueron asignados aleatoriamente a 1 de los 2 grupos experimentales: un SPLIT, donde se realizaron múltiples ejercicios para un grupo muscular específico en una sesión con 2 o 3 grupos	Grosor muscular, el 1RM, la fuerza máxima.	Los resultados mostraron aumentos significativamente mayores en el MT (grosor muscular) del flexor del antebrazo

	<p>musculares entrenados por sesión o un TOTAL, donde se realizó 1 ejercicio por grupo muscular en una sesión con todos los grupos musculares entrenados en cada sesión. El CSA se midió por ultrasonidos. El estudio tuvo una duración de 8 semanas.</p>		<p>con rutina fullbody en comparación con SPLIT</p>
<p>Stefanaki et al. (2019)</p>	<p>13 mujeres realizaron un entrenamiento que comprendió 1 serie hasta el fallo voluntario de extensiones de piernas unilaterales y curl de bíceps con cada miembro asignado al azar para entrenar al 80 % de 1RM o al 30 % de 1RM. El CSA se midió por ultrasonido. El estudio tuvo una duración de 6 semanas.</p>	<p>Fuerza muscular, grosor muscular, volumen de entrenamiento.</p>	<p>El estudio actual ha demostrado que los aumentos en el tamaño y la fuerza muscular son los mismos, al 30 o al 80 % de 1RM.</p>
<p>Valamatos et al. (2018)</p>	<p>Diseño intra sujeto en el que las piernas de 19 hombres jóvenes no entrenados se asignaban de manera aleatoria a un entrenamiento isocinético de extensión de rodilla usando un rom parcial de (0 a 60°) o completo de (0 a 100°). El estudio tuvo una duración de 15 semanas.</p>	<p>Arquitectura muscular, el volumen muscular e hipertrofia interregional, relación del ángulo torque, el CSA.</p>	<p>Se ha demostrado que incluso al igualar la TUT entre el entrenamiento completo y parcial, el uso de ejercicios de ROM completo tiene mayores beneficios para las ganancias de fuerza general con transferencias bastante buenas a la fuerza de ROM parcial</p>
<p>Villanueva et al. (2015)</p>	<p>22 hombres mayores fueron asignados a uno de dos grupos de RT de fuerza, entrenamiento de fuerza con 60-s o RT con 4 min. El estudio tuvo una duración de 8 semanas.</p>	<p>La composición corporal, prueba de equilibrio, el 1RM, pruebas de fuerza dinámica.</p>	<p>Los descansos cortos indujeron mejoras significativamente mayores en la composición corporal, el rendimiento muscular y el rendimiento funcional, en comparación con la misma prescripción de RT con descansos prolongados, en hombres mayores.</p>
<p>Watanabe et al. (2014)</p>	<p>18 sujetos mayores fueron divididos en dos grupos. Un grupo realizó extensión de rodilla de muy baja intensidad y acciones isométricas de 1-s sin descanso entre cada repetición) dos veces por semana durante 12 semanas. El otro grupo se sometió a una contracción muscular intermitente.</p>	<p>El EMG, la medición de la concentración de lactato en sangre, la presión arterial, el CSA, el 1RM.</p>	<p>Estos resultados indican que incluso si la intensidad es tan baja como 30% 1RM, LST puede aumentar el tamaño y la fuerza muscular en adultos mayores sanos.</p>

4.2. Resumen de los artículos seleccionados

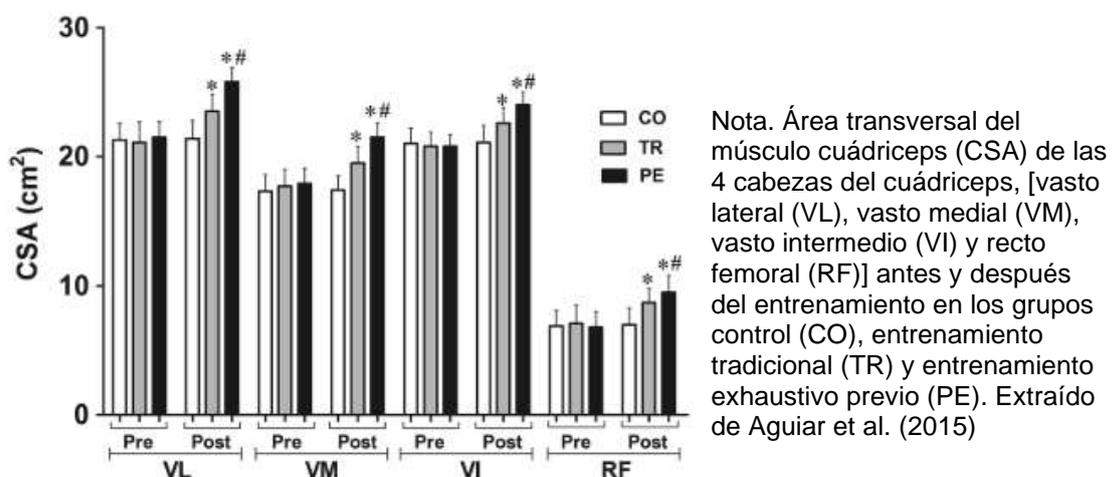
Tras mencionar los distintos estudios en el cuadro resumen, se realizará una sinopsis de los artículos citados para llevar a cabo un correcto análisis de estos. Dentro de cada artículo se expondrán los objetivos, la metodología empleada y los resultados y conclusiones obtenidas.

En el estudio de Aguiar et al. (2015) plantea como objetivos, examinar los efectos de una serie adicional de ejercicio exhaustivo antes del entrenamiento hipertrófico tradicional sobre el rendimiento del músculo cuádriceps en hombres jóvenes.

En cuanto a la metodología, los sujetos se dividieron en 3 grupos: control no entrenado, entrenamiento tradicional (TR) y entrenamiento exhaustivo previo (PE). Tanto el grupo TR como el PE entrenaron usando el mismo protocolo de entrenamiento (2 días semana-1; 3 series de 8-12 repeticiones al 75 % de 1RM); la única diferencia fue que el grupo de PE realizó una serie adicional de ejercicio exhaustivo al 20 % de 1RM antes de cada sesión de entrenamiento.

Los resultados y conclusiones muestran que la inclusión de una serie única de ejercicio exhaustivo al 20 % de 1RM inmediatamente antes del entrenamiento de fuerza tradicional promueve efectos beneficiosos adicionales sobre la fuerza máxima, la hipertrofia y la resistencia del cuádriceps en sujetos jóvenes como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Área transversal del músculo cuádriceps (CSA) de las 4 cabezas del cuádriceps.



El objetivo del estudio de Barbalho et al. (2020) es comparar los efectos de diferentes volúmenes de entrenamiento de resistencia sobre el rendimiento muscular y la hipertrofia en hombres entrenados.

En cuanto a la metodología, 37 voluntarios realizaron entrenamiento de fuerza durante 24 semanas, divididos en grupos que realizaron 5 (G5), 10 (G10), 15 (G15) y 20 (G20) series por grupo muscular por semana. Se realizaron pruebas de diez repeticiones máximas (10RM) para press de banca, jalón, prensa de piernas a 45° y peso muerto con piernas rígidas.

Los resultados y conclusiones mostraron que todos los grupos obtuvieron aumentos significativos en todas las pruebas de 10RM y medidas de grosor muscular después de 12 y 24 semanas en comparación con antes. No hubo diferencias significativas en ninguna prueba de 10RM o cambios entre G5 y G10 después de 12 y 24 semanas. G5 y G10 mostraron aumentos significativamente mayores para 10RM que G15 y G20 para la mayoría de los ejercicios a las 12 y 24 semanas.

Barcelos et al. (2018) plantean como objetivos comparar el efecto de distintas frecuencias de entrenamiento de resistencia (RT): de cinco veces (RT5), tres veces (RT3) o dos veces (RT2) semanalmente en la fuerza muscular y la hipertrofia en hombres jóvenes.

En cuanto a la metodología, veinte hombres no entrenados fueron seleccionados para el estudio. Los participantes eran recreativamente activos, pero no participaron en ningún entrenamiento de fuerza estructurado durante al menos 6 meses antes del inicio del estudio.

Los resultados y conclusiones muestran que no hubo diferencias significativas en el grosor muscular entre los grupos.

Los objetivos del estudio de Baz-Valle et al. (2019) son comparar los efectos de un programa de entrenamiento de fuerza tradicional (ejercicios fijos y rangos de repetición) con un programa de entrenamiento de fuerza donde los ejercicios y los

rangos de repetición se aleatorizaron sesión por sesión en marcadores de adaptaciones musculares y motivación intrínseca.

En cuanto a la metodología, veintiún hombres entrenados en fuerza fueron aleatorizados para realizar un programa de entrenamiento de fuerza de 8 semanas utilizando una selección de ejercicios fijos o ejercicios variados aleatoriamente en cada sesión a través de una aplicación computarizada. Ambos grupos realizaron 3 series de 6 ejercicios, con entrenamiento realizado 4 veces por semana.

Los resultados y conclusiones muestran que la selección variada de ejercicios tuvo un efecto positivo en el aumento de la motivación para entrenar en hombres entrenados en fuerza, al mismo tiempo que provocó mejoras similares en las adaptaciones musculares.

Fink et al. (2018) tienen como objetivos del estudio investigar los efectos del entrenamiento de fuerza, de volumen igualado con diferentes cargas de entrenamiento e intervalos de descanso sobre las respuestas agudas y las ganancias musculares y de fuerza a largo plazo.

En cuanto a la metodología, veinte atletas jóvenes se ofrecieron como voluntarios para participar en este estudio. Todos los participantes tenían experiencia en entrenamiento con pesas, pero no participaron en ninguna forma de entrenamiento con pesas durante más de 2 años antes del comienzo del experimento y se abstuvieron de realizar entrenamiento con pesas específico durante el período del experimento. Los participantes fueron asignados aleatoriamente al grupo SL (30 s de descanso, 20 RM) o al grupo de descanso largo y LH (3 min de descanso, 8 RM) y realizaron el mismo número de series y ejercicios para los músculos del brazo. tres veces por semana durante 8 semanas.

Los resultados y conclusiones muestran que no se pudo observar una correlación significativa entre las elevaciones agudas de GH y los aumentos de CSA.

Los objetivos del estudio llevado a cabo Fonseca et al. (2014) son investigar los efectos de diferentes ejercicios de fuerza y/o esquemas de carga sobre el área transversal muscular (CSA) y la fuerza máxima después de cuatro esquemas de carga de entrenamiento de fuerza.

En cuanto a la metodología, 70 hombres jóvenes físicamente activos se ofrecieron voluntarios para este estudio. no estuvieron involucrados a ningún tipo de ejercicio de entrenamiento de fuerza al menos durante 6 meses antes del estudio. el programa de ejercicios de este estudio duró 12 semanas y midieron diferentes parámetros.

Los resultados y conclusiones muestran que el área transversal del cuádriceps incrementó de forma similar en todos los grupos experimentales. Los grupos que variaron los ejercicios a lo largo del programa de entrenamiento presentaron hipertrofia en todas las cabezas del músculo cuádriceps.

Franchi et al. (2014) plantean como objetivos del estudio, investigar las respuestas arquitectónicas, funcionales y moleculares del músculo esquelético humano al entrenamiento de fuerza concéntrico (CON) o excéntrico (ECC).

Asignación aleatoria a un protocolo de entrenamiento de fuerza con acciones excéntricas o concéntricas de los extensores de rodilla. todos los sujetos realizaron 4 series de 8-10RM. las acciones excéntricas se realizaron al 120% del 1RM con respecto a la concéntrica. Otra parte las acciones concéntricas se realizaron durante dos segundos y las excéntricas durante 3 segundos. el entrenamiento se llevó a cabo 3 días por semana.

Los resultados y conclusiones muestran que se encontraron aumentos similares en el volumen muscular y en la contracción isométrica voluntaria máxima después del entrenamiento fuerza.

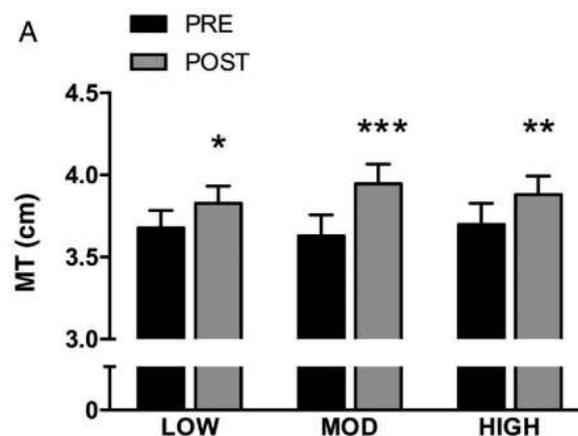
Los objetivos del estudio de Heaselgrave et al. (2019) son comprender el impacto del volumen de entrenamiento de fuerza semanal de bajo a alto en las adaptaciones musculares en hombres jóvenes entrenados durante 6 semanas de entrenamiento.

En cuanto a la metodología, hombres con experiencia en entrenamiento de fuerza (49) fueron asignados aleatoriamente a un grupo de volumen bajo (17), moderado (15) o alto (17), realizando 9, 18, o 27 series semanales de entrenamiento de fuerza de bíceps, respectivamente, durante 6 semanas. El entrenamiento de fuerza se realizó una vez (bajo) o dos veces (mod y alto) por semana.

Los resultados y conclusiones muestran que el grosor muscular aumentó significativamente en todos los grupos para bajo, medio y alto, respectivamente; al igual que la fuerza de 1RM. La fuerza isométrica aumentó significativamente solo en la alta.

En la figura 3 se pueden observar los cambios en el grosor muscular del bíceps antes y después de la intervención.

Figura 3. Grosor del músculo bíceps (MT) del brazo dominante



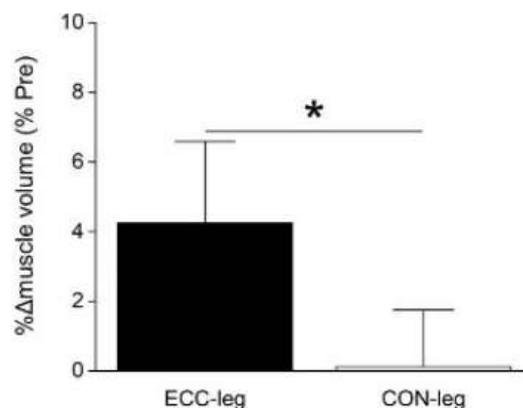
Nota. Figura del pre y el post protocolo en el grosor del bíceps con diferentes cargas. Extraído de Heaselgrave et al. (2019).

Los objetivos del estudio llevado a cabo por Maeo et al. (2018) son examinar las adaptaciones neuromusculares después de un entrenamiento máximo excéntrico versus concéntrico emparejado para el trabajo total.

En cuanto a la metodología, 20 hombres realizaron contracciones excéntricas máximas isocinéticas de una sola articulación de los extensores de la rodilla en una pierna (pierna ECC) y concéntricas en la otra (pierna CON), 6 series por sesión (3–5 series en las 1–3 sesiones iniciales), 2 sesiones por semana durante 10 semanas. La pierna anterior realizó 10 repeticiones por serie. El ACSA se midió por MRI. El estudio tuvo una duración de 10 semanas.

Los resultados y conclusiones muestran que el torque y EMG aumentaron significativamente en ambas piernas después de la semana 1 y la semana 4, respectivamente, con un mayor grado para ECC-pierna (torque +76%, ACSA aumentó significativamente después de semana 4 solo en la pierna ECC. El volumen muscular también aumentó solo en ECC-pierna (+4%), como se puede observar en la figura 4.

Figura 4. Cambio porcentual en el volumen del músculo cuádriceps después de 10 semanas de entrenamiento de resistencia.



Nota. Resultados del grosor muscular del cuádriceps con el protocolo excéntrico y concéntrico. Extraído de Maeo et al., 2018

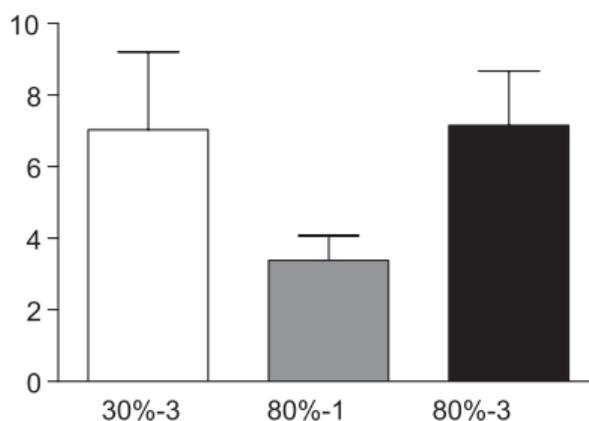
VARIABLES DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN LA HIPERTROFIA

Los objetivos del estudio planteado por Mitchell et al. (2012) son observar los cambios agudos mediados por el ejercicio en la síntesis de proteínas musculares.

En cuanto a la metodología, los sujetos tenían sus piernas asignadas aleatoriamente a dos de tres condiciones de entrenamiento que diferían en la intensidad de la contracción: 30%-3, 80%-1, y 80%-3. Los sujetos entrenaron cada pierna con su régimen asignado durante un período de 10 semanas, 3 veces por semana. El CSA se midió por MR y biopsias.

Los resultados y conclusiones muestran que ambos entrenamientos de fuerza producen similar hipertrofia muscular y puede resultar del levantamiento de cargas hasta el fallo con cargas más altas (80% de 1RM) y más bajas (30% de 1RM), como se puede observar en la figura 5.

Figura 5. Cambio porcentual en el volumen del músculo cuádriceps después de 10 semanas de entrenamiento de resistencia.



Nota. Resultados del grosor muscular del cuádriceps en los diferentes protocolos. Extraído de Mitchell et al. (2012).

Los objetivos del estudio llevado a cabo por Ochi et al. (2018) son investigar el efecto de los programas de entrenamiento de fuerza de volumen igualado con diferente frecuencia y posterior desentrenamiento sobre el tamaño y la fuerza muscular.

En cuanto a la metodología, 20 hombres participaron en el estudio. Durante un período de entrenamiento de 11 semanas, los sujetos no entrenados realizaron ejercicios de extensión de rodilla al 67 % de su máximo estimado de una repetición, ya sea una sesión por semana (grupo T1: 6 series de 12 repeticiones por sesión) o tres sesiones por semana (grupo T3: 2 series de 12 repeticiones por sesión).

Los resultados y conclusiones muestran que después de 11 semanas de entrenamiento, ambos grupos exhibieron mejoras significativas en la circunferencia del muslo, el grosor muscular y la MVC en comparación con los valores iniciales. Se recomiendan tres sesiones de entrenamiento por semana con dos series para sujetos no entrenados para mejorar la fuerza muscular y minimizar la fatiga en comparación con una sesión por semana con seis series.

Los objetivos del estudio Sampson & Groeller (2016) son determinar el efecto del entrenamiento de la fuerza hasta el fallo sobre la adaptación funcional, estructural y neural del músculo flexor del codo.

En cuanto a la metodología, un grupo control, que realizaba tanto los componentes concéntricos como los excéntricos a una velocidad de 2 segundos; un segundo grupo de acortamiento muscular rápido que utilizaba una aceleración máxima durante la acción concéntrica seguida de 2 segundos de acción excéntrica; un tercer grupo de estiramiento-acortamiento que realizaban dos acciones concéntricas como las excéntricas con una aceleración máxima. el grupo control entregaba hasta el fallo; los otros dos grupos no. El entrenamiento consistía en cuatro series al 85% del 1 RM llevadas a cabo 3 días por semana. El CSA se midió por MRI. El estudio tuvo una duración de 12 semanas.

Los resultados y conclusiones muestran que las adaptaciones son similares en los tres regímenes de entrenamiento de fuerza sugieren que el fallo muscular de las repeticiones no es crítico para provocar cambios neurales y estructurales significativos en el músculo esquelético.

El objetivo planteado por Santanielo et al. (2020) fue comparar los efectos del entrenamiento de fuerza al fallo muscular y sin fallo muscular sobre la masa muscular, la fuerza y la activación de individuos entrenados. También comparan los efectos de estos protocolos en los parámetros de la arquitectura muscular.

En cuanto a la metodología, a 14 participantes se les asignó aleatoriamente una pierna al fallo muscular RT-F y la otra a no fallo RT-NF. Cada pierna fue entrenada 2 días a la semana durante 10 semanas.

Los resultados y conclusiones muestran que todos los protocolos mostraron aumentos significativos y similares en prensa de piernas y extensión de rodilla. No se detectaron diferencias significativas en la amplitud de EMG entre los protocolos.

Los objetivos del estudio de Schoenfeld et al. (2015b) son comparar el efecto del entrenamiento de fuerza de carga baja versus alta sobre las adaptaciones musculares en sujetos bien entrenados.

En cuanto a la metodología, dieciocho hombres jóvenes con experiencia en entrenamiento de fuerza se emparejaron de acuerdo con la fuerza inicial y luego se asignaron aleatoriamente a 1 de 2 grupos experimentales: una rutina de entrenamiento de fuerza de baja carga donde se realizaron 25-35 repeticiones por serie por ejercicio (9) o una rutina de entrenamiento de fuerza de alta carga donde se realizaron 8-12 repeticiones por serie por ejercicio y realizaron 3 series x 7 repeticiones, 3 veces x semana. El entrenamiento se realizó 3 veces por semana en días no consecutivos. El CSA se midió por ultrasonido. El estudio tuvo una duración de 8 semanas.

Los resultados y conclusiones muestran que el entrenamiento con cargas bajas puede ser un método eficaz para aumentar la hipertrofia muscular de las extremidades en hombres bien entrenados.

Los objetivos planteados en el estudio de Schoenfeld et al. (2015c) trataban de investigar los efectos de entrenar grupos musculares 1 día a la semana usando una

rutina de cuerpo dividido (SPLIT) versus 3 días a la semana usando una rutina de cuerpo total (TOTAL) sobre las adaptaciones musculares en hombres bien entrenados.

En cuanto a la metodología, los sujetos fueron 20 voluntarios masculinos. Los participantes se emparejaron según la fuerza inicial y luego se asignaron aleatoriamente a 1 de los 2 grupos experimentales: un SPLIT, donde se realizaron múltiples ejercicios para un grupo muscular específico en una sesión con 2 o 3 grupos musculares entrenados por sesión o un TOTAL, donde se realizó 1 ejercicio por grupo muscular en una sesión con todos los grupos musculares entrenados en cada sesión.

Los resultados y conclusiones mostraron aumentos significativamente mayores en el grosor muscular del flexor del antebrazo con rutina fullbody en comparación con SPLIT.

Los objetivos del estudio llevado a cabo por Stefanaki et al. (2019) fueron comparar el efecto de 6 semanas de entrenamiento de resistencia al fallo voluntario con cargas bajas (30% 1 repetición máxima (RM) o altas (80% 1RM) sobre las ganancias en el tamaño y la fuerza muscular en mujeres jóvenes.

En cuanto a la metodología, trece mujeres completaron 2 sesiones de entrenamiento por semana durante 6 semanas y se midió la fuerza muscular (1RM), el grosor muscular (ultrasonido) antes y después del entrenamiento.

Los resultados y conclusiones han demostrado que los aumentos en el tamaño muscular y la fuerza son los mismos, al 30 o al 80 % de 1RM, después de 6 semanas de entrenamiento de resistencia, 1 serie hasta el fallo voluntario, en mujeres jóvenes. Cuando el ejercicio de resistencia se realiza hasta el fallo voluntario, las ganancias en tamaño muscular y fuerza son independientes de la carga en mujeres jóvenes.

Los objetivos del estudio de Valamatos et al. (2018) son determinar el efecto de un programa de entrenamiento de fuerza de rango de movimiento parcial (ROM) de 15 semanas sobre la arquitectura y las propiedades mecánicas del vasto lateral (VL), cuando se igualó el tiempo bajo tensión (TUT).

Diseño intra sujeto en el que las piernas de 19 hombres jóvenes no entrenados se asignaban de manera aleatoria a un entrenamiento isocinético de extensión de rodilla usando un rom parcial de (0 a 60°) o completo de (0 a 100°). El entrenamiento consistía en 2-7 series de 6-15 repeticiones, llevadas a cabo 3 días por semana. El CSA se midió por MRI. El estudio tuvo una duración de 15 semanas.

Los resultados proporcionan evidencia de que las adaptaciones musculares arquitectónicas y mecánicas cruciales dependen del ROM utilizado en el entrenamiento de fuerza. Sin embargo, se ha demostrado que incluso al igualar la TUT entre el entrenamiento completo y parcial, el uso de ejercicios de ROM completo tiene mayores beneficios para las ganancias de fuerza general con transferencias bastante buenas a la fuerza de ROM parcial.

Los objetivos del estudio planteado por Villanueva et al. (2015) son determinar si 8 semanas de entrenamiento de fuerza periodizado utilizando intervalos de descanso relativamente cortos entre series inducirían mayores mejoras en la composición corporal y el rendimiento muscular, en comparación con el mismo programa de fuerza utilizando intervalos de descansos largos.

En cuanto a la metodología, 22 voluntarios masculinos fueron asignados a uno de los dos grupos de RT de fuerza, luego de 4 semanas de entrenamiento de fuerza hipertrófico periodizado con 60 s descanso entre serie o con 4 minutos.

Los resultados y conclusiones muestran que todos los participantes del estudio experimentaron aumentos en la masa corporal magra, la fuerza de la parte superior e inferior del cuerpo y la potencia dinámica, así como reducciones en el porcentaje de grasa corporal. Los descansos cortos indujeron mejoras significativamente mayores en la composición corporal, el rendimiento muscular y el rendimiento

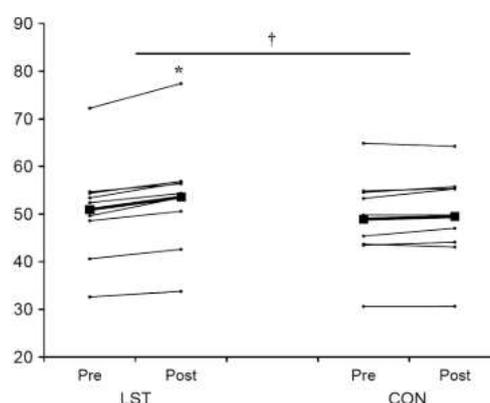
funcional, en comparación con la misma prescripción de RT con descansos prolongados, en hombres mayores.

Los objetivos del estudio de llevado a cabo por Watanabe et al. (2014). son determinar si el entrenamiento de fuerza con movimientos lentos y una intensidad mucho más reducida (30% 1RM) aumenta el tamaño y la fuerza muscular en adultos mayores.

En cuanto a la metodología, se reclutaron dieciocho adultos mayores (60 a 77 años) que eran activos pero que no participaban en ejercicios de fuerza regulares. Un grupo se ejercitó con el método LST (acciones excéntricas de 3 s, concéntricas de 3 s e isométricas de 1 s sin descanso entre cada repetición. El otro grupo se ejercitó a velocidad normal (1 s de acción concéntrica y 1 s de acción excéntrica con 1 s de descanso entre cada repetición: grupo CON).

Los resultados y conclusiones muestran indican que incluso si la intensidad es tan baja como 30% 1RM, LST puede aumentar el tamaño y la fuerza muscular en adultos mayores sanos, como se observar en la figura 6.

Figura 6. Ganancias en el área transversal (CSA) del músculo



Nota. Área transversal (CSA) del músculo cuádriceps medido antes y después de las intervenciones LST y CON durante 12 semanas. Extraído de Watanabe et al. (2014)

5. DISCUSIÓN

A continuación, se explicarán las diferencias y similitudes de las diferentes variables del entrenamiento de fuerza aplicado a la hipertrofia: el volumen, la frecuencia, la carga, la selección de los ejercicios, el tipo de acción muscular, la duración de los intervalos de descanso, la duración de la repetición, el orden de los ejercicios, el rango de movimiento y el carácter de esfuerzo.

Volumen

En cuanto al volumen de entrenamiento Heaselgrave et al. (2019) en su estudio midió el grosor muscular del bíceps braquial en un período de 6 semanas, en el que los participantes realizaban volúmenes bajos (<9 series), moderados (18 series) y altos (27 series). Los participantes con volúmenes bajos entrenaron una vez por semana, y tanto moderados como altos entrenaron dos veces por semana.

Los resultados del estudio Heaselgrave et al. (2019) concluyen que no hay diferencias significativas en las adaptaciones musculares entre 9, 18 y 27 series semanales de entrenamiento de fuerza en el transcurso de un programa a corto plazo en individuos entrenados. Estos resultados indican que un volumen de entrenamiento de fuerza semanal relativamente bajo es suficiente para aumentar la hipertrofia muscular en individuos entrenados durante un programa de entrenamiento de fuerza a corto plazo, mientras que volúmenes de entrenamiento de fuerza de moderados a altos pueden conferir mayores aumentos de fuerza (Heaselgrave et al., 2019).

En este estudio de Barbalho et al. (2020) comparaban los efectos de diferentes volúmenes de entrenamiento de fuerza sobre el rendimiento muscular y la hipertrofia en hombres entrenados, los resultados fueron que tan solo 5 series por semana podrían ser suficientes para lograr ganancias óptimas en fuerza muscular y tamaño en hombres entrenados durante un programa de entrenamiento de fuerza de 24 semanas, al menos cuando todas las sesiones de entrenamiento se supervisan de cerca y se realizan las series al fallo muscular momentáneo. Los resultados también sugirieron efectos potencialmente negativos de un volumen de entrenamiento superior a 10 series por grupo muscular por semana, especialmente evidentes después de 12 semanas de entrenamiento, lo que sugiere que la dosis

de entrenamiento de fuerza podría ser especialmente importante a largo plazo (Barbalho et al., 2020).

Frecuencia

En la variable de la frecuencia de entrenamiento, Schoenfeld et al. (2015c) investigó los efectos de entrenar grupos musculares 1 día a la semana usando una rutina de cuerpo dividido versus 3 días a la semana usando una rutina de cuerpo completo sobre las adaptaciones musculares en hombres jóvenes con experiencia entrenando.

Ambos grupos mejoran el grosor muscular, sin embargo, los resultados sugieren un beneficio hipertrófico a frecuencias más altas de entrenamiento cuando el volumen se equipará entre condiciones.

En el estudio realizado por Ochi et al. (2018) compararon el tamaño y fuerza muscular del cuádriceps en el ejercicio de extensión de rodilla en máquina durante un período de 11 semanas en 2 grupos diferentes, pero con el mismo volumen de entrenamiento semanal (6 sets de 12 repeticiones), lo único que cambiaba era la frecuencia la se realizaba, un grupo lo realizaba 1 vez por semana y el otro grupo 3 sesiones a la semana. El estudio demostró que 2 series de 12 repeticiones (al 67% de 1RM), realizadas tres veces por semana, fueron menos extenuantes e igual o más efectivas para ganar tamaño y fuerza muscular en sujetos desentrenados que 6 series de 12 repeticiones realizadas una vez por semana (Ochi et al., 2018) Por otra parte, Barcelos et al. (2018) compararon diferentes frecuencias de entrenamiento de fuerza y concluyeron que una frecuencia de cinco veces por semana en la que se ejercita el mismo grupo muscular no induce mayores ganancias de fuerza muscular e hipertrofia después de 8 semanas en comparación con una frecuencia de entrenamiento de fuerza de tres o dos veces por semana en hombres jóvenes desentrenados.

Carga

En el apartado de trabajo de la carga, Schoenfeld et al. (2015b) comparó el efecto del entrenamiento de fuerza de carga baja (25-35 repeticiones por serie y por

ejercicio) versus alta (8-12 repeticiones por serie y por ejercicio) sobre las adaptaciones musculares en sujetos bien entrenados.

Las ganancias en el tamaño muscular del entrenamiento de baja carga fueron iguales a las logradas con el entrenamiento en un rango de repeticiones normalmente recomendado para maximizar la hipertrofia muscular, por lo que se pueden utilizar cargas más bajas en un programa orientado a la hipertrofia (Schoenfeld et al., 2015b).

Mitchell et al. (2012) llevaron a cabo un estudio en el cual comparaban diferentes protocolos en el ejercicio de extensión de rodilla unilateral: 3 series al 30% de 1RM, 3 series al 80% de 1RM y 1 serie al 80% de 1RM, los hallazgos encontraron no diferencias en el CSA, sin embargo, el 80%-3 y el 30%-3 mostraron más del doble de la hipertrofia promedio de la condición 80%-1.

En este estudio de Stefanaki et al. (2019) se comparaban las diferencias en el grosor muscular ante protocolos con cargas de 30% del 1RM con un brazo y pierna, y al 80% del 1RM con las extremidades contrarias. Después si 6 semanas las mediciones hallaron no diferencias significativas en el grosor muscular en ambos grupos (Stefanaki et al., 2019)

Selección de ejercicios

En cuanto a la impacto de la selección de ejercicios en un programa de entrenamiento de fuerza, Fonseca et al. (2014) demostraron la importancia de variar la selección de ejercicios en un estudio en el cual compararon el grosor muscular del cuádriceps, un grupo realizaba sentadillas en máquina Smith y otro grupo variaba ejercicios durante las 12 semanas, una combinación de sentadillas en máquina Smith, Press de piernas, zancadas y peso muerto, todos los sujetos realizaron 6-10 RM de cada ejercicio dos veces por semana. Los resultados mostraron que la rutina de ejercicios variados produjo una hipertrofia muscular más uniforme de los cuatro músculos que forman el cuádriceps.

En este estudio de Baz-Valle et al. (2019) 21 hombres jóvenes que hacían entrenamiento de fuerza fueron asignados de forma aleatoria a un protocolo de

entrenamiento usando una selección de ejercicios fija o variando los ejercicios de manera aleatoria en cada sesión mediante una aplicación. Los hallazgos revelaron que no hubo diferencias significativas en el grupo muscular entre los grupos, de hecho, la selección variada de ejercicios tuvo un efecto positivo en el aumento de la motivación (Baz-Valle et al., 2019).

Tipo de acción muscular

En la variable del tipo de acción muscular, en este estudio llevado a cabo por Franchi et al. (2014), compararon protocolos tanto con acciones concéntricas como excéntricas en la máquina de prensa de piernas, los hallazgos observaron que ambos tipos de contracciones producen una hipertrofia similar.

Maeo et al. (2018) realizaron un estudio a través un dinamómetro isocinético en la que los participantes realizaban 2 sesiones semanales de acciones concéntricas y excéntricas con diferente pierna en la máquina de extensión de rodilla, el resultado después de 10 semanas de entrenamiento fue que el volumen muscular aumentó solo en el grupo de acciones excéntricas.

Duración de los intervalos de descanso

En cuanto al tiempo de descanso a utilizar, Fink et al. (2018) investigaron los efectos del entrenamiento de fuerza con volumen igualado con diferentes cargas de entrenamiento e intervalos de descanso sobre las respuestas agudas y las ganancias musculares y de fuerza a largo plazo.

Diez sujetos entrenaron con descanso corto (30 s) combinado con carga baja (20 RM) (SL) y diez sujetos realizaron el mismo protocolo con descanso largo (3 min) y carga alta (8 RM) (LH) (Fink et al., 2018).

Concluyen Fink et al. (2018) que el descanso corto combinado con un entrenamiento de carga baja podría inducir una gran cantidad de estrés metabólico que en última instancia conduciría a una hipertrofia muscular mejorada, mientras que el descanso prolongado con un entrenamiento de carga alta podría conducir a un aumento superior de la fuerza.

Por otra parte, Villanueva et al. (2015) llevaron a cabo un estudio de 8 semanas, en el que un grupo descansaba 60 segundos entre series y otros 4 minutos. Este estudio sugiere que 8 semanas de entrenamiento de fuerza de alta intensidad

periodizada con descansos cortos inducen mejoras significativamente mayores en la composición corporal, el rendimiento muscular y el rendimiento funcional, en comparación con la misma prescripción de entrenamiento de fuerza con descansos prolongados, en hombres mayores.

Duración de la repetición

La variable de la duración de la repetición, Watanabe et al. (2014) compararon diferentes protocolos, un grupo realizó ejercicios de extensión de rodilla de muy baja intensidad (30% 1RM) con contracción muscular continua (LST: acciones excéntricas de 3 s, concéntricas de 3 s e isométricas de 1 s sin descanso entre cada repetición) dos veces por semana durante 12 semanas. El otro grupo se sometió a contracciones musculares intermitentes (CON: 1 s de acción concéntrica y 1 s de acción excéntrica con 1 s de descanso entre cada repetición) durante el mismo período de tiempo (Watanabe et al., 2014).

El grupo que realizaba el movimiento con ritmo más lento consiguió aumentos mayores en la hipertrofia del cuádriceps (Watanabe et al., 2014).

Por otra parte, este estudio reciente de Wilk et al. (2021) explica que no hay recomendaciones sobre qué valor de tiempo bajo tensión es óptimo para el desarrollo de la fuerza o la hipertrofia muscular. Las recomendaciones para el desarrollo de la fuerza incluyen un bajo número de repeticiones de 1 a 5 con ritmo de movimiento voluntario, lo que se traduce aproximadamente en 2 a 5 segundos de TUT por repetición, por lo tanto, el TUT óptimo para las ganancias de fuerza debería estar entre 2 y 20 segundos por serie (Wilk et al., 2021) Para el entrenamiento de hipertrofia, el TUT óptimo para una serie debe estar entre 20 y 70 segundos, sin embargo, el TUT óptimo para objetivos de entrenamiento específicos también puede depender de la experiencia de entrenamiento de resistencia, el tipo de ejercicio utilizado, el rango de movimiento, así como el nivel de fatiga durante las series y toda la sesión de entrenamiento (Wilk et al., 2021).

Orden de los ejercicios

El orden de los ejercicios posee un papel importante, es el caso del estudio de Aguiar et al. (2015), en el cual examinaron los efectos de una serie adicional de

ejercicio exhaustivo (PE) antes del entrenamiento hipertrófico tradicional sobre el rendimiento del músculo cuádriceps en hombres jóvenes. Los resultados sugieren que la inclusión de una serie única de ejercicio intenso al 20 % de 1RM antes del entrenamiento hipertrófico tradicional puede ser una estrategia adecuada para inducir efectos mejorados adicionales sobre la fuerza, la hipertrofia y la resistencia del cuádriceps en hombres jóvenes.

Rango de movimiento

En cuanto al papel que tiene el rango de movimiento en la hipertrofia, Valamatos et al. (2018) compararon el efecto de un programa de entrenamiento de fuerza de rango de movimiento parcial (de 0° a 60°) y rango completo (de 0° a 100°) en la máquina de extensión de rodilla. Los resultados del estudio Valamatos et al. (2018) han resaltado que cuando el músculo se somete a un entrenamiento concéntrico isocinético igualado, se pueden esperar aumentos similares en el tamaño del músculo y la fuerza máxima entre el entrenamiento del ROM completo y parcial. Los ejercicios de ROM parcial han mostrado ganancias de fuerza específicas del ángulo articular, con mayores aumentos relativos alrededor de los ángulos articulares entrenados; asimismo, el entrenamiento del ROM parcial también puede prescribirse selectivamente en rehabilitación para mejorar la fuerza y la hipertrofia muscular en pacientes con limitación articular o atrofia muscular (Valamatos et al., 2018) Sin embargo, se ha demostrado que incluso al igualar la TUT entre el entrenamiento completo y parcial, el uso de ejercicios de ROM completo tiene mayores beneficios para las ganancias de fuerza general (es decir, a lo largo de todo el ROM), con transferencias bastante buenas a la fuerza de ROM parcial; además, la adherencia a un mayor ROM también es un factor determinante de adaptaciones musculares arquitectónicas y mecánicas cruciales (Valamatos et al., 2018).

Carácter del esfuerzo

El carácter de esfuerzo es una variable vital de cara a la hipertrofia, Sampson & Groeller (2016) buscó determinar el efecto del entrenamiento de la fuerza hasta el fallo sobre la adaptación funcional, estructural y neural del músculo flexor del codo.

Veintiocho hombres completaron un período de familiarización de 4 semanas, un grupo realizó acortamiento rápido sin fallo (RS; rápido concéntrico, 2 s excéntrico), otro grupo realizó estiramiento-acortamiento sin fallo (SSC; rápido concéntrico, rápido excéntrico) y el grupo control que llegaba al fallo (C, 2 s concéntrico, 2 s excéntrico), para un régimen de entrenamiento de resistencia de flexores de codo unilateral de 12 semanas, 3 x semana, 4 series usando el 85% de una repetición máxima (1RM). Los resultados demuestran que un régimen de entrenamiento de la fuerza de volumen reducido, sin fallar, puede producir ganancias equivalentes en fuerza, activación muscular y CSA muscular que un régimen de entrenamiento de mayor volumen hasta el fallo (Sampson & Groeller, 2016).

Otro estudio llevado a cabo por Santaniello et al. (2020) comparaban los efectos del entrenamiento de fuerza al fallo muscular (RT-F) y sin fallo (RT-NF) sobre la masa muscular, la fuerza y la activación de individuos entrenados. Los resultados muestran que el entrenamiento de fuerza hasta el fallo o no fallo muscular es igualmente efectivo para promover aumentos en la hipertrofia muscular, la fuerza, el ángulo de peneación y la longitud del fascículo, mientras que también resulta en una activación muscular similar en individuos entrenados (Santaniello et al., 2020).

A continuación, en la figura 7, se muestra una tabla a modo de resumen de la discusión:

Figura 7: Resumen de la evidencia actual de las variables del entrenamiento de fuerza

VARIABLES DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA	
VOLUMEN	Dependerá en gran medida del individuo. Se puede conseguir hipertrofia tanto con menos de 10 series por grupo muscular como con + 10 series
FRECUENCIA	2 veces por semana es superior a 1 vez
CARGA	Utilizar amplio abanico de franjas de cargas (30-90% del 1RM)
SELECCIÓN DE EJERCICIOS	Utilizar ejercicios variados por cada grupo muscular
TIPO DE ACCIÓN MUSCULAR	Tanto acciones excéntricas como concéntricas son efectivas
DURACIÓN DEL DESCANSO	El descanso puede variar según el tipo de ejercicio. Es útil utilizar descansos más largos en ejercicios multiarticulares y más demandantes, y más cortos en aquellos monoarticulares y menos demandantes
DURACIÓN DE LA REPETICIÓN	Una duración tanto lenta como normal produce hipertrofia
ORDEN DE LOS EJERCICIOS	Quizá es útil añadir una serie intensa antes del RT en ejercicios de pierna
RANGO DE MOVIMIENTO	El ROM completo es superior al ROM parcial
CARÁCTER DEL ESFUERZO	El entrenamiento al fallo o no al fallo muscular puede producir aumentos similares en la fuerza y el tamaño muscular

Nota. Resumen general de cada una de las variables que componen un programa de entrenamiento de fuerza aplicado a la hipertrofia. Elaboración propia

6. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Tras este trabajo se ha conseguido aclarar dudas sobre este tema, sin embargo, se han generado preguntas e ideas que abren nuevas vías de trabajo.

A continuación, se muestran algunas de las posibles líneas de investigación que pueden ser de objeto de interés atendiendo al trabajo expuesto en esta revisión.

- 1) Son necesarios estudios que analicen el efecto diferentes órdenes de ejercicios sobre las ganancias de fuerza e hipertrofia muscular en diferentes grupos musculares como los isquiosurales y los diferentes músculos de la parte superior del cuerpo.
- 2) Serían interesante estudios que analizaran y cuantificasen el volumen de entrenamiento en hombres ancianos y mujeres jóvenes, ya que la mayoría se han llevado a cabo con hombres jóvenes o adultos.

- 3) Faltan estudios que comparen las intervenciones de ROM completo y parcial, incluyendo las repeticiones parciales ejecutadas tanto en longitudes musculares cortas como largas.
- 4) Se necesitan más estudios que exploren si se confiere alguna ventaja el entrenar un grupo muscular >3 veces por semana vs 1 o 2 veces.
- 5) Faltan estudios que determinen las respuestas hipertróficas relacionadas con la frecuencia de entrenamiento en mayor variedad de poblaciones.
- 6) Serían interesantes estudios que analizaran la influencia del factor psicológico ante series llevadas al fallo muscular.

7. CONCLUSIONES

Respondiendo a los objetivos de del trabajo, por una parte, realizar una revisión bibliográfica de la literatura científica acerca de las diferentes variables del entrenamiento de fuerza aplicado a la hipertrofia y por otro lado de qué manera podemos ponerlo en práctica, llegamos a las siguientes conclusiones.

Como hemos visto la evidencia actual muestra de forma convincente que existe una dosis-respuesta entre el volumen de entrenamiento y la hipertrofia, los volúmenes más elevados guardan una relación positiva con un mayor desarrollo muscular, aunque también se pueden conseguir ganancias hipertróficas con volúmenes moderados-bajos, por lo que depende en gran medida del individuo.

Manipular la frecuencia de entrenamiento es una estrategia efectiva para repartir el volumen de trabajo semanal, siendo una frecuencia 2 superior en la mayoría de los casos respecto a frecuencia 1 cuando el volumen de entrenamiento es moderado-alto.

La hipertrofia puede conseguirse con un amplio abanico de franjas de carga (30-90% del 1RM), por ello una franja adecuada de trabajo podría ser entre un 6-12 RM.

VARIABLES DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN LA HIPERTROFIA

A lo largo de un programa de entrenamiento periodizado deben emplearse ejercicios variados para los distintos grupos musculares, ya que cada músculo tiene su propio diseño anatómico, por ello un trabajo del músculo con diferentes ejercicios y ángulos de trabajo, producirá mayor hipertrofia global en el grupo muscular.

En un programa de entrenamiento de fuerza deberían incluirse tanto acciones excéntricas como concéntricas ya que ambas son efectivas para las ganancias de masa muscular, pocos estudios muestran que las acciones isométricas proporcionen un beneficio hipertrófico adicional.

Parece interesante utilizar al menos 2 minutos de descanso en ejercicios de tipo multiarticular que producen mayor fatiga general y utilizar descansos más cortos entre 60-90 segundos en ejercicios tipo mono articulares que producen menor fatiga.

Las evidencias sugieren utilizar una duración de la repetición entre 0,5-8 segundos, para hipertrofia una duración de la serie de entre 20-70 segundos es recomendable, sin embargo, dependerá en gran medida de los objetivos del individuo.

A pesar de que existe poca evidencia en cuanto a beneficios hipertróficos acerca del impacto que tienen el orden de los ejercicios en un programa de entrenamiento de fuerza, parece ser que puede ser útil en algunos músculos pre-fatigarlos antes del programa tradicional de fuerza.

El desarrollo muscular máximo es mayor con rango de movimiento completo que en un rango de movimiento parcial, por lo que en nuestro programa es más interesante realizarlo de esta manera si nuestro objetivo es la hipertrofia.

A pesar de que las ganancias hipertróficas son similares al entrenar al fallo o no entrenar al fallo, es necesario quedarse muy cerca de este, si queremos estimular todo el compendio de fibras musculares, teniendo esto en cuenta se recomienda llevar la mayoría de las series dejando 1 o 2 repeticiones en reserva.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Aguiar, A. F., Buzzachera, C. F., Pereira, R. M., Sanches, V. C., Januário, R. B., da Silva, R. A., Rabelo, L. M., & de Oliveira Gil, A. W. (2015). A single set of exhaustive exercise before resistance training improves muscular performance in young men. *European Journal of Applied Physiology*, *115*(7), 1589–1599. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3150-8>
- Barbalho, M., Coswig, V. S., Steele, J., Fisher, J. P., Giessing, J., & Gentil, P. (2020). Evidence of a Ceiling Effect for Training Volume in Muscle Hypertrophy and Strength in Trained Men—Less is More? *International Journal of Sports Physiology & Performance*, *15*(2), 268–277. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=141546615&site=eds-live>
- Barcelos, C., Damas, F., Nóbrega, S. R., Ugrinowitsch, C., Lixandrão, M. E., Marcelino Eder Dos Santos, L., & Libardi, C. A. (2018). High-frequency resistance training does not promote greater muscular adaptations compared to low frequencies in young untrained men. *European Journal of Sport Science*, *18*(8), 1077–1082. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1476590>
- Baz-Valle, E., Schoenfeld, B. J., Torres-Unda, J., Santos-Concejero, J., & Balsalobre-Fernández, C. (2019). The effects of exercise variation in muscle thickness, maximal strength and motivation in resistance trained men. *PloS One*, *14*(12). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0226989>
- Carpinelli, R. N. (2013). Does the sequence of exercise in a resistance training session affect strength gains and muscular hypertrophy? a critical examination of the evidence. *Medicina Sportiva*, *17*(1), 40–53. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=86653067&site=eds-live>
- Fink, J., Kikuchi, N., & Nakazato, K. (2018). Effects of rest intervals and training loads on metabolic stress and muscle hypertrophy. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, *38*(2), 261–268. <https://doi.org/10.1111/cpf.12409>
- Fonseca, R. M., Roschel, H., Tricoli, V., De Souza, E. O., Wilson, J. M., Laurentino, G. C., Aihara, A. Y., De Souzaleão, A. R., & Ugrinowitsch, C. (2014). Changes in exercises are more effective than in loading schemes to improve muscle strength.

Journal of Strength and Conditioning Research, 28(11), 3085–3092.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000539>

- Franchi, M. V., Atherton, P. J., Reeves, N. D., Flück, M., Williams, J., Mitchell, W. K., Selby, A., Beltran Valls, R. M., & Narici, M. V. (2014). Architectural, functional and molecular responses to concentric and eccentric loading in human skeletal muscle. *Acta Physiologica (Oxford, England)*, 210(3), 642–654. <https://doi.org/10.1111/APHA.12225>
- Grgic, J., Lazinica, B., Mikulic, P., Krieger, J. W., & Schoenfeld, B. J. (2017). The effects of short versus long inter-set rest intervals in resistance training on measures of muscle hypertrophy: A systematic review. *European Journal of Sport Science*, 17(8), 983–993. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1340524>
- Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Orazem, J., & Sabol, F. (2021). Effects of resistance training performed to repetition failure or non-failure on muscular strength and hypertrophy: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sport and Health Science*. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2021.01.007>
- Hackett, D. A., Davies, T. B., Orr, R., Kuang, K., & Halaki, M. (2018). Effect of movement velocity during resistance training on muscle-specific hypertrophy: A systematic review. *European Journal of Sport Science*, 18(4), 473–482. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1434563>
- Heaselgrave, S. R., Blacker, J., Smeuninx, B., McKendry, J., & Breen, L. (2019). Dose-response relationship of weekly resistance-training volume and frequency on muscular adaptations in trained men. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(3), 360–368. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0427>
- Lacio, M., Vieira, J. G., Trybulski, R., Campos, Y., Santana, D., Filho, J. E., Novaes, J., Vianna, J., & Wilk, M. (2021). Effects of resistance training performed with different loads in untrained and trained male adult individuals on maximal strength and muscle hypertrophy: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(21). <https://doi.org/10.3390/ijerph182111237>
- Maeo, S., Shan, X., Otsuka, S., Kanehisa, H., & Kawakami, Y. (2018). Neuromuscular Adaptations to Work-matched Maximal Eccentric versus Concentric Training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(8), 1629–1640. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001611>

- Mitchell, C. J., Churchward-Venne, T. A., West, D. W. D., Burd, N. A., Breen, L., Baker, S. K., & Phillips, S. M. (2012). Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. *Journal of Applied Physiology*, *113*(1), 71–77. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00307.2012>
- Ochi, E., Maruo, M., Tsuchiya, Y., Ishii, N., Miura, K., & Sasaki, K. (2018). Higher Training Frequency Is Important for Gaining Muscular Strength Under Volume-Matched Training. In *Frontiers in physiology* (Vol. 9, p. 744). <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00744>
- Pallarés, J. G., Hernández-Belmonte, A., Martínez-Cava, A., Vetrovsky, T., Steffl, M., & Courel-Ibáñez, J. (2021). Effects of range of motion on resistance training adaptations: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, *31*(10), 1866–1881. <https://doi.org/10.1111/sms.14006>
- Ratames, M. S. (2012). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *41*(3), 687–708. <https://doi.org/10.1249/MSS.0B013E3181915670>
- Sampson, J. A., & Groeller, H. (2016). Is repetition failure critical for the development of muscle hypertrophy and strength? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, *26*(4), 375–383. <https://doi.org/10.1111/sms.12445>
- Santaniello, N., Nóbrega, S. R., Scarpelli, M. C., Alvarez, I. F., Otoboni, G. B., Pintanel, L., & Libardi, C. A. (2020). Effect of resistance training to muscle failure vs non-failure on strength, hypertrophy and muscle architecture in trained individuals. *Biology of Sport*, *37*(4), 333–341. <https://doi.org/10.5114/BIOLOSPORT.2020.96317>
- Schoenfeld, Brad J. (2020). *Science and development of muscle hypertrophy*. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=RCPHDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=science+and+development+of+muscle+hypertrophy&ots=u_k9fuYmLu&sig=FiOqXI-1MoICljOFVNdL9GVnTPU
- Schoenfeld, Brad J., Ogborn, D. I., & Krieger, J. W. (2015a). Effect of Repetition Duration During Resistance Training on Muscle Hypertrophy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, *45*(4), 577–585. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0304-0>

- Schoenfeld, Brad J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2016). Effects of Resistance Training Frequency on Measures of Muscle Hypertrophy: A Systematic Review and Meta-Analysis. In *Sports Medicine* (Vol. 46, Issue 11, pp. 1689–1697). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0543-8>
- Schoenfeld, Brad J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2017). Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 35(11), 1073–1082. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1210197>
- Schoenfeld, Brad J., Peterson, M. D., Ogborn, D., Contreras, B., & Sonmez, G. T. (2015b). Effects of Low- vs. High-Load Resistance Training on Muscle Strength and Hypertrophy in Well-Trained Men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(10), 2954–2963. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000958>
- Schoenfeld, Brad J., Ratamess, N. A., Peterson, M. D., Contreras, B., & Tiriyaki-Sonmez, G. (2015c). Influence of Resistance Training Frequency on Muscular Adaptations in Well-Trained Men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(7), 1821–1829. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000970>
- Schoenfeld, Brad J., Grgic, J., Schoenfeld, B., & Schoenfeld, B. J. (2017). Evidence-based guidelines for resistance training volume to maximize muscle hypertrophy. *Journals.Lww.Com*. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000363>
- Schoenfeld, Brad Jon, Grgic, J., & Krieger, J. (2019). How many times per week should a muscle be trained to maximize muscle hypertrophy? A systematic review and meta-analysis of studies examining the effects of resistance training frequency. *Journal of Sports Sciences*, 37(11), 1286–1295.
- Stefanaki, D. G. A., Dzulkarnain, A., & Gray, S. R. (2019). Comparing the effects of low and high load resistance exercise to failure on adaptive responses to resistance exercise in young women. *Journal of Sports Sciences*, 37(12), 1375–1380. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1559536>
- Valamatos, M. J., Tavares, F., Santos, R. M., Veloso, A. P., & Mil-Homens, P. (2018). Influence of full range of motion vs. equalized partial range of motion training on muscle architecture and mechanical properties. *European Journal of Applied Physiology*, 118(9), 1969–1983. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=131336698&site=eds-live>

- Villanueva, M. G., Lane, C. J., & Schroeder, E. T. (2015). Short rest interval lengths between sets optimally enhance body composition and performance with 8 weeks of strength resistance training in older men. *European Journal of Applied Physiology*, *115*(2), 295–308. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-3014-7>
- Watanabe, Y., Madarame, H., Ogasawara, R., Nakazato, K., & Ishii, N. (2014). Effect of very low-intensity resistance training with slow movement on muscle size and strength in healthy older adults. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, *34*(6), 463–470. <https://doi.org/10.1111/cpf.12117>
- Wilk, M., Zajac, A., & JJ, Tufano. (2021). The Influence of Movement Tempo During Resistance Training on Muscular Strength and Hypertrophy Responses: A Review. In *Sports medicine (Auckland, N.Z.)* (Vol. 51, Issue 8, pp. 1629–1650). <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01465-2>

9. ANEXOS

Glosario de abreviaturas (elaboración propia)

TÉRMINO	ABREVIATURA
Acortamiento rápido sin fallo	RS
American College of Sports Medicine	ACSM
Área transversal anatómica	ACSA
Breve descanso con carga baja	SL
Descanso largo con protocolo de alta carga	LH
Descansos cortos	SS
Ejercicio exhaustivo	PE
Entrenamiento	TG
Entrenamiento de fuerza	RT
Entrenamiento de fuerza al fallo muscular	RT-F
Entrenamiento de fuerza de baja intensidad con movimiento lento y generación de fuerza tónica	LST
Entrenamiento de fuerza de baja intensidad con velocidad normal	CON
Entrenamiento de fuerza sin fallo muscular	RT-NF
Entrenamiento tradicional	TR
Estiramiento-acortamiento sin fallo	SSC
Grupo control	CO
Grupo control del fallo	C
Hipertrofia muscular de la parte superior del cuerpo	UBMH
Hormona de crecimiento	GH
Imagen de resonancia magnética	MRI
Máxima contracción voluntaria	MVC
Rango de movimiento	ROM
Recto femoral	RF
Repetición máxima	RM
Repeticiones en reserva	RIR
Resistencia muscular local	LME
Resonancia magnética	MR
Sección transversal del músculo	CSA
Tiempo bajo tensión	TUT
Vasto intermedio	VI
Vasto lateral	VL
Vasto medial	VM