

FACULTAD DE EDUCACIÓN Y DEPORTE
Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte
Curso: 2018-2019

**VOLUMEN DE ENTRENAMIENTO COMO VARIABLE PRINCIPAL PARA LA
HIPERTROFIA MUSCULAR
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

AUTOR: Carlos Benito Jiménez

DIRECTOR/A: Fernando Blás Pérez

Fecha, 25 de mayo de 2019

Contenido

RESUMEN.....	3
INTRODUCCIÓN.....	4
MÉTODO.....	16
RESULTADOS.....	18
DISCUSIÓN	34
PROPUESTA PRÁCTICA.....	36
BIBLIOGRAFÍA.....	37

RESUMEN

El objetivo de esta revisión bibliográfica es determinar cuál es el volumen de entrenamiento idóneo, en cuanto a series realizadas por grupo muscular a la semana se refiere, para maximizar las ganancias de masa muscular en sujetos entrenados. La búsqueda bibliográfica se realizó en 4 bases de datos (*PubMed*, *ResearchGate*, *Dialnet* y *Scopus*) hacia febrero de 2019. Se analizaron 658 estudios, de los que se incluyeron 15, ya que cumplían los siguientes criterios de inclusión: (a) las intervenciones deben tener una duración mínima de 6 semanas, (b) los estudios deben ser ensayos controlados que comparen diferentes grupos, o bien revisiones sistemáticas, (c) los estudios deben comparar el número total de series por semana/ o por ejercicio, (d) los sujetos deben tener como mínimo 1 año de experiencia en el entrenamiento de fuerza, (e) se deben realizar mediciones directas o indirectas para valorar los resultados de HP muscular, y (f) los sujetos deben estar libres de lesiones durante 1 año previo al estudio. Los resultados muestran la necesidad de realizar futuros estudios para determinar los umbrales máximos (MRV) en sujetos entrenados.

INTRODUCCIÓN

El **entrenamiento de fuerza** es uno de los métodos más efectivos para aumentar la masa muscular y desarrollar la fuerza, ya que está establecido que este tipo de entrenamiento estimulará las **adaptaciones anabólicas** agudas, que su vez éstas promoverán las adaptaciones en el músculo esquelético. Además, se ha demostrado que los entrenamientos de fuerza promueven **muchos beneficios para la salud**, como son: el aumento del metabolismo basal, lo que tendrá una repercusión directa en la mejora de la composición corporal; mejora la sensibilidad a la insulina; aumento de la densidad mineral ósea; mejora de la postura corporal; disminuye el riesgo de lesión; mejora la circulación; aumenta las funciones cardiovasculares; mejora del equilibrio...

Los **programas de entrenamiento de fuerza reglamentados** han mostrado promover mayores ganancias en la masa del músculo esquelético (*Klemp et al., 2016*), por lo que un diseño inteligente e individualizado de estos programas de entrenamiento provocarán mejores ganancias de masa muscular y del rendimiento. Para un diseño idóneo del entrenamiento, es necesario poseer un **dominio** de todas las **variables del entrenamiento**, las cuales se deberán modificar para maximizar las ganancias y aumentar el rendimiento deportivo. La manipulación de las variables del entrenamiento, incluyendo el volumen, la intensidad del ejercicio, la frecuencia semanal, los tiempos de descanso y el tiempo bajo tensión (TUT), inducirán un estrés metabólico y mecánico que jugarán un papel fundamental en las ganancias de masa muscular y en el desarrollo de fuerza (*Gonzalez, 2016*). Otras variables que no debemos dejar de lado en la programación de los entrenamientos son el tipo de ejercicios, el orden en el que se realizan y la velocidad de ejecución (*Figueiredo, Salles & Trajano, 2018*).

Uno de los principios más citados en el ámbito de la programación de los entrenamientos de fuerza ha sido el **síndrome general de adaptación (GAS)**. La aplicación original del GAS fue evitar el sobre-entrenamiento (*Buckner et al., 2017*). Teniendo en cuenta el GAS, se podrá optimizar mejor el rendimiento y la recuperación de los entrenamientos, evitando este síndrome de sobre-entrenamiento y maximizando las ganancias de masa muscular (principio de **SOBRECARGA PROGRESIVA**). Otra de las aplicaciones prácticas que nos aporta GAS es que las adaptaciones del organismo serán específicas al estímulo ofrecido

por el entrenamiento, por lo que la programación de los entrenamientos deberá ser específica cuando el objetivo sea maximizar las ganancias de masa muscular (principio de **ESPECIFICIDAD**).

Por lo tanto, siguiendo los criterios del principio de especificidad, debemos tener en cuenta que a pesar de la estrecha correlación existente entre la HP muscular o la sección transversal del músculo (CSA) y la capacidad de aplicar fuerza, el desarrollo de fuerza tiene un componente altamente neural (adaptación específica de los entrenamientos orientados a las ganancias de fuerza), por lo que el planteamiento de los **protocolos** deberá ser diferente **en función del objetivo** (Schoenfeld et al., 2014). Por consiguiente, si lo que nos concierne es la ganancia de masa muscular, objetivo primordial de esta revisión, las variables del entrenamiento deberán ser manipuladas de forma específica para lograr dicho propósito.

Antes de profundizar sobre el tema principal que concierne a la revisión, el **volumen de entrenamiento para las ganancias de masa muscular**, vamos a definir una serie de conceptos necesarios para facilitar la comprensión de la misma.

El primer concepto a tratar es la **hipertrofia muscular (HP)**, considerada comúnmente como el aumento de la sección transversal del músculo (CSA), es decir, el aumento del tamaño del músculo en su sección transversal, como consecuencia de un aumento del número de proteínas en una parte concreta del músculo. La HP muscular se define por una serie de procesos:

- Un aumento de los **puentes cruzados de actina-miosina** en el músculo, lo que dará lugar a un aumento del tamaño y del número de las miofibrillas (resultado del proceso de la síntesis proteica).
- Como efecto del aumento del tamaño y del número de las miofibrillas, se dará un aumento también del tamaño de las **fibras musculares**.
- Aumento del tamaño del **tejido conectivo** (no contráctil): hay evidencia científica que afirma que un aumento del tamaño

muscular viene acompañado de un aumento del tejido conectivo (como pueden ser los tendones, el cartílago articular...).

- Aumento de la **capilarización** muscular: las fibras tipo IIa tienen una alta capacidad oxidativa, por lo que la HP muscular de estas fibras vendrá acompañada de un aumento de los capilares musculares.

En relación con el aumento de los puentes cruzados de actina-miosina, se conoce que la HP del músculo esquelético viene en función del balance entre la **síntesis proteica** muscular y la **destrucción proteica** muscular, donde un balance de proteína neto **positivo** (es decir, la síntesis proteica excede a la degradación proteica) facilitará las ganancias de masa muscular, dando como resultado un aumento de la sección transversal del músculo. Por lo tanto, si nuestro objetivo es la ganancia de masa muscular, debemos buscar estrategias que aumenten esta síntesis proteica para que el balance sea positivo y aumente la CSA. Esta síntesis proteica muscular parece estar regulada por proteínas intramusculares de señalización, específicas a la cascada de fosforilación multiproteica del complejo 1 de la diana de rapamicina (**Mtorc1**) (Gonzalez, 2016). La vía **mTOR** es una de las vías más relacionadas con la síntesis proteica post entrenamiento de fuerza, la cual puede permanecer alrededor de 24 horas, o hasta 48 incluso en algunos sujetos.

Como consecuencia de este conocimiento, una de las **estrategias** más empleadas para las ganancias de masa muscular son los entrenamientos de fuerza, ya que los ejercicios de fuerza estimulan un aumento de la síntesis proteica muscular (interesa la síntesis miofibrilar) y promueven la remodelación del músculo esquelético; además, los entrenamientos de fuerza parecen ser los causantes del **daño muscular**, el cual estimulará esta síntesis proteica en el músculo. Asimismo, es necesario seguir unas **pautas nutricionales** en las que la premisa principal sea el superávit calórico (10-20% superior a las calorías de mantenimiento o GET), es decir, que la ingesta de las calorías totales diarias sea superior a las que se quemen, dando como resultado un balance energético positivo, si el objetivo es la ganancia de masa muscular; por otra parte, se debe priorizar una ingesta mínima de proteína, alrededor de 1,8-2,2 gramos por kilogramo de peso corporal, lo que estimulará además esta síntesis proteica.

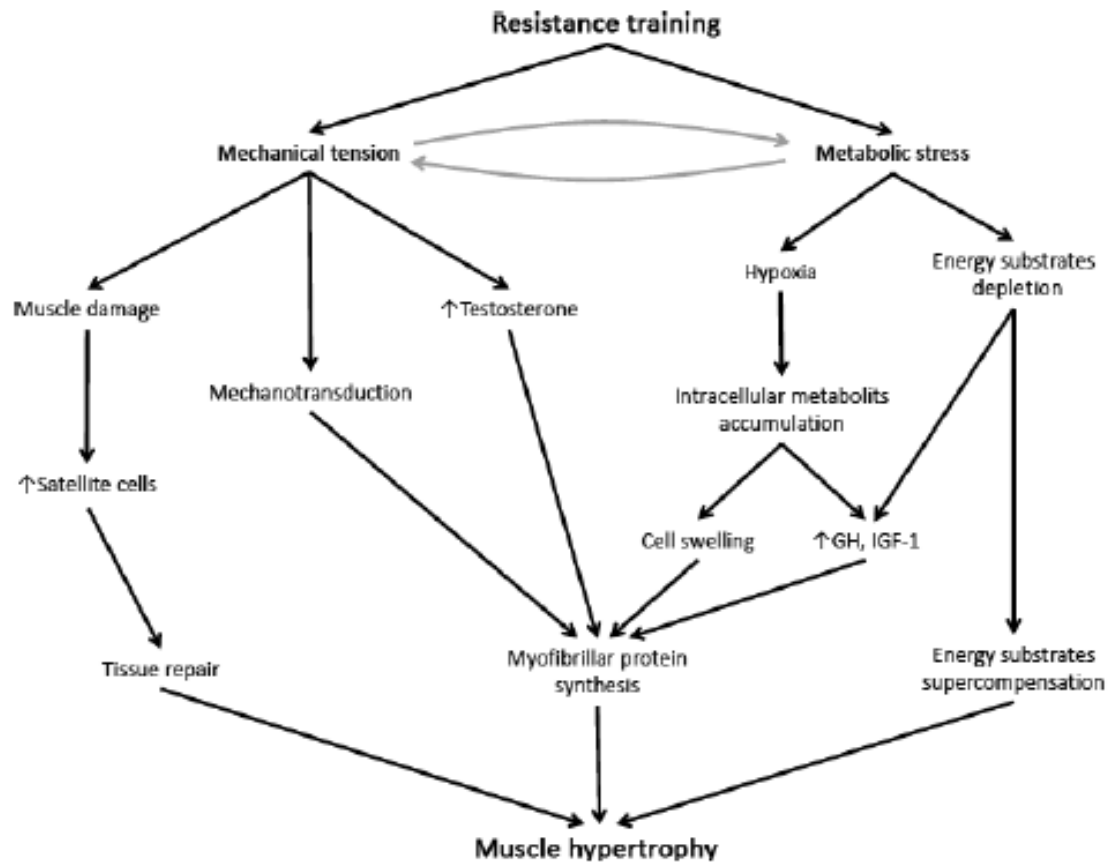
Cabe destacar que la HP estará influenciada por una serie de factores estructurales y hereditarios, como son el tipo de fibras predominantes en el sujeto, ya que serán las **fibras de alto umbral**, concretamente las fibras **tipo IIa**, las que tendrán una mayor aptitud para hipertrofiar. Por lo tanto, sujetos con mayor cantidad de fibras tipo IIa tendrán mayor capacidad para ganar masa muscular, ya que este tipo de fibras tiene mayor aptitud para crecer que las fibras tipo I y tipo IIb; aun así, no será un factor altamente limitante.

Otros dos aspectos que están íntimamente relacionados con las ganancias de masa muscular son la **tensión mecánica** y el **estrés metabólico**. Está evidenciado que estos son dos de los **pilares** fundamentales para la HP muscular, junto al tercero, que lo forma el daño muscular, el cual es un efecto secundario de la tensión mecánica producida en el músculo por los entrenamientos de fuerza. De esta forma, todo entrenamiento de fuerza orientado a las ganancias de masa muscular deberá manipular las variables buscando la **mejor relación entre estos 3 pilares**, tensión mecánica, estrés metabólico y daño muscular.

Como podemos observar en la imagen inferior, la **tensión mecánica** es uno de los factores principales del daño muscular, así como de estimular la síntesis proteica en el músculo esquelético, uno de los objetivos a alcanzar para aumentar la HP muscular (*krieger, 2010*). Es necesaria una tensión mecánica idónea proporcionada por intensidades relativas que van del 60 al 90% 1RM, ya que se ha visto que se relacionan con una mayor síntesis proteica muscular.

Por otro lado, el **estrés metabólico**, efecto del empleo de las vías glucolíticas debido a la alta demanda de energía necesaria en los entrenamientos de fuerza, promueve situaciones anabólicas del organismo, mostrando un aumento de las proteínas de señalización anabólica. Como resultado de este estrés metabólico, se generan una serie de metabolitos, como son el lactato, H⁺ y Pi, que promoverán indirectamente la síntesis proteica miofibrilar.

Igualmente, las señales del sistema endocrino (como pueden ser la GH y la Testosterona) no se pueden dejar de lado, ya que jugarán un rol en la regeneración muscular y en las adaptaciones de la masa muscular.



La Scala Teixeira et al. (2018)

Una vez aclaradas las bases conceptuales de la HP muscular, pasaremos a tratar aspectos como son las rutinas y las variables del entrenamiento. Respecto a las **rutinas de fuerza** orientadas a las ganancias de masa muscular, *González (2016)* afirma que los protocolos habituales de entrenamiento para HP suelen caracterizarse por volúmenes de entrenamiento altos (**3-6 series por grupo muscular; 8-12 repeticiones**), con intensidades relativas moderadas (**< 85 %1RM**) y tiempos de descanso entre series cortos (**30-90 segundos**). Esta clasificación o estandarización tradicional de los protocolos de entrenamiento de HP tiene el origen en la observación empírica de los estilos de entrenamiento de los culturistas o bodybuilders. Por otro lado, el *American College of Sports Medicine (ACSM)* recomienda a los individuos **novatos** realizar entre **1-3 series por ejercicio** de 1-12 repeticiones con cargas moderadas (70 – 85% 1RM); mientras que a sujetos **entrenados** realizar entre **3-6 series por ejercicio** de 1-12 repeticiones con cargas de un rango del 70-100% 1RM.

Respecto a las variables del entrenamiento, las ciencias del ejercicio físico afirman que las ganancias de masa muscular se verán maximizadas gracias a la manipulación de las **variables de los programas de fuerza** (Schoenfeld, Ogborn & Krieger, 2016), teniendo en cuenta los tres pilares de la HP muscular: la tensión mecánica, el estrés metabólico y el daño muscular. Entre las variables más comunes en los programas de fuerza destacan:

- **Volumen de entrenamiento:** considerado como la cantidad total de trabajo realizado. El volumen de entrenamiento será la razón de ser de esta revisión.
- **Intensidad:** Un aspecto que no se puede dejar de lado en la programación de los entrenamientos de fuerza es la intensidad del entrenamiento, es decir, la carga (kg) con la que se entrena, ya que será una variable a considerar además del volumen de entrenamiento.

Amirthalingam et al. (2016) afirman que es necesaria una **intensidad mínima ($\geq 65\%$ 1RM)** que genere una tensión mecánica necesaria para maximizar las ganancias de HP muscular.

La evidencia sugiere que existe un aumento de las fibras tipo I y tipo II con cargas bajas y con cargas altas, respectivamente. Por lo tanto, sujetos que busquen maximizar el desarrollo de masa muscular (como los culturistas), deberán combinar ambas cargas; sin embargo, aquellos deportistas cuyo objetivo sea maximizar su fuerza (como los powerlifters), deberán emplear cargas más altas, ya que generará un tipo de entrenamiento con más transferencia a la habilidad de producir fuerza (*Schoenfeld & Grgic, 2017*).

Figueiredo et al. (2018) afirman que **es posible alcanzar similares ganancias de HP muscular con intensidades moderadas que con intensidades altas si los volúmenes de repeticiones son más altos**, más concretamente acercándose al fallo muscular. Esto se puede deber a que cuando trabajamos con intensidades altas, se va a dar un reclutamiento de gran parte de UM; sin embargo, si trabajamos con intensidades moderadas, este reclutamiento se va a dar con la fatiga de las UM, es decir, a medida que se fatigan unas UM se van a incorporar otras, de tal forma que llegando cerca del

fallo muscular vamos a conseguir este reclutamiento masivo interesante para la HP muscular.

- **Frecuencia de entrenamiento:** la frecuencia de entrenamiento en los programas de fuerza hace referencia a la cantidad de días que se trabaja cada grupo muscular por semana. La frecuencia de entrenamiento dependerá de muchos factores: tipo de rutina; experiencia del deportista; objetivo del entrenamiento; época de la temporada...
- **Tiempo bajo tensión (TUT = *time under tension*):** un aumento del volumen de entrenamiento supondrá un aumento también del tiempo bajo tensión (TUT), que se ha considerado otro parámetro fundamental relacionado con aumentos de las respuestas anabólicas y las ganancias de masa muscular.
- **Tiempo de recuperación entre series:** Otra variable que debemos tener en cuenta son los tiempos de descanso entre series. Los protocolos típicos de HP destacan por períodos de descansos relativamente cortos entre series (30"- 90"); sin embargo, hay evidencia de que mayores descansos entre series nos van a permitir aumentar el rendimiento, en este caso aumentar el volumen de entrenamiento (más repeticiones por serie), debido a que habrá una mayor recomposición de los depósitos de ATP que permitirán una suficiente re-síntesis de las piscinas de fosfocreatina (PC). Por eso, la suplementación con creatina será una de las más asociadas con el aumento de HP muscular; permitirá mayores volúmenes totales de trabajo y mantener ejercicios intensos durante períodos más largos en el tiempo.
- **Selección de ejercicios:** determina qué grupo muscular se va a desarrollar.

Se conoce que el volumen de entrenamiento es una de las variables principales a tener en cuenta para las ganancias de masa muscular. Se ha sugerido que **altos volúmenes de entrenamiento** en los protocolos de fuerza

estimulan mayores niveles de estrés metabólico y de tensión mecánica, resultando mayores depleciones de sustratos, acumulación de metabolitos y mayores niveles de daño muscular (*La Scala Teixeira et al., 2018; Amirthalingam et al., 2016*). Por lo tanto, el volumen de entrenamiento será uno de los parámetros **más importantes** cuando el objetivo del entrenamiento de fuerza es la ganancia de masa muscular.

Además, podemos encontrar múltiples estudios que comparan **rutinas de series simples (una única serie)** frente a **series múltiples (>1 serie)**, donde se demuestra que el segundo tipo de rutina aumenta en mayor medida la síntesis proteica, aspecto fundamental para la ganancia de masa muscular, es decir, se sugiere que volúmenes más grandes garantizarán una mejor respuesta hipertrofica (*Schoenfeld et al., 2018*).

Figueiredo et al. (2018) afirman también que **altos volúmenes de entrenamiento** promueven tanto **mayor** magnitud como duración de **síntesis proteica** durante la fase de recuperación tras el ejercicio. Por lo tanto, podemos deducir que el volumen de entrenamiento afecta directamente a los procesos intracelulares anabólicos del músculo, por lo que puede ser una de las variables primordiales a tener en cuenta para las ganancias de masa muscular.

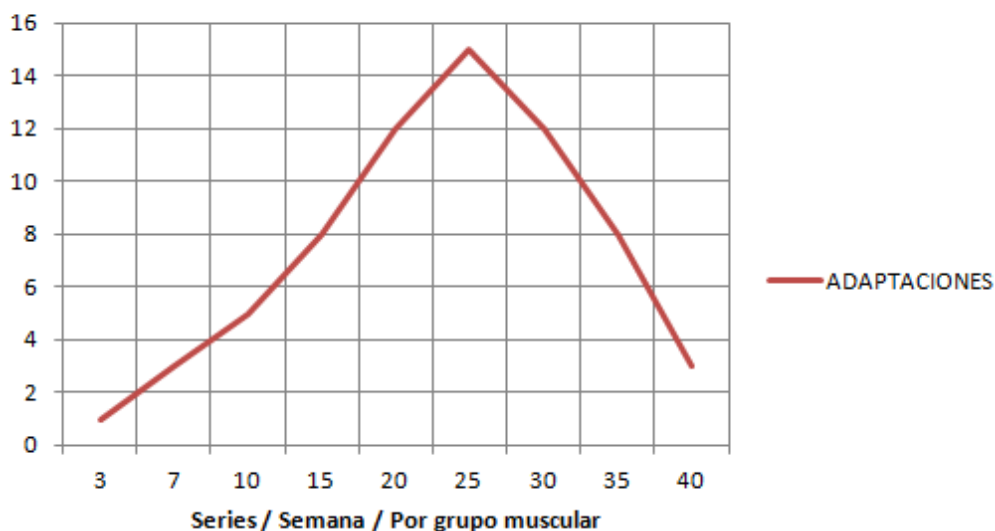
Pero se debe conocer qué es el volumen de entrenamiento en los protocolos de fuerza; se ha considerado tradicionalmente que el volumen de entrenamiento es la **cantidad de trabajo total** realizado en una sesión de entrenamiento. La carga de entrenamiento ha sido comúnmente definida como "**volume load**", que se calcula de la siguiente manera: *series x repeticiones x intensidad* (generalmente intensidad absoluta). Aun así, podemos encontrar diversas formas de calcular el volumen de entrenamiento (*Schoenfeld & Grgic, 2017*):

- El número de series por ejercicio/ sesión/ semana.
- Número total de repeticiones por ejercicio (series x repeticiones).
- Carga total de entrenamiento: series x repeticiones x intensidad (kg/ relativa).
- El número de series por grupo muscular/ semana (*Baz-Valle, Fontes-Villalba & Santos-Concejero, 2018*).

Resumiendo, la evidencia científica afirma que una de las variables del entrenamiento más importantes para las ganancias de masa muscular es el volumen de entrenamiento, más concretamente las **series semanales por grupo muscular**, de tal forma que se establece un teórico vínculo dosis-respuesta entre las series semanales y las ganancias de masa muscular (Schoenfeld et al., 2016; La Scala Teixeira et al., 2018). La problemática está pues en encontrar ese **grado de dosis-respuesta idóneo** entre el volumen de entrenamiento (considerado como series realizadas a la semana por grupo muscular) y las mejores ganancias de masa muscular.

En relación con lo anteriormente comentado, se ha propuesto la existencia de una curva en forma de **"U" invertida** que relaciona la dosis del entrenamiento (volumen de entrenamiento) y las respuestas fisiológicas del organismo, en concreto las ganancias de masa muscular (HP) y los beneficios para la salud (Figueiredo et al., 2018). De esta forma, si graficamos el volumen de entrenamiento (series/semana/por grupo muscular) y las ganancias de masa muscular, encontraríamos una tendencia positiva al comienzo, aumentando las ganancias de masa muscular (CSA) conforme se aumentarían las series semanales; sin embargo, estas mejoras se darían hasta un punto, considerado como umbral máximo, donde a partir de esos niveles de volumen de entrenamiento no se encontrarán mejoras de las ganancias de masa muscular; incluso el rendimiento se podría ver perjudicado (sobre-entrenamiento).

Respuesta al Estímulo de Entrenamiento



Aun así, esta relación dosis-respuesta es muy compleja; conocemos que los diferentes grupos musculares requieren de diferentes volúmenes de entrenamiento, por lo que cada grupo muscular tendrá su propia curva de "U" invertida, es decir, todos los grupos musculares no responderán de la misma forma ante un mismo estímulo de entrenamiento, en este caso en particular, ante un mismo número de series semanales; del mismo modo, cada individuo responderá de diferente manera ante un mismo estímulo de entrenamiento (principio de **INDIVIDUALIZACIÓN**). Por ejemplo, la capacidad del tren inferior para tolerar mayor volumen de entrenamiento suele ser mayor que la que pueden tolerar los grupos musculares del tren superior, debido primordialmente al tamaño de los músculos de los brazos, por ejemplo, los cuales son más cortos que los músculos de las piernas.

Como hemos comentado, conocemos que los sujetos no responden de la misma forma al mismo volumen de entrenamiento; debemos tener en cuenta diferentes aspectos como es la experiencia de los sujetos, ya que los **sujetos entrenados** tienen una **atenuación de las señales anabólicas intramusculares** y ratios de síntesis proteica después de los entrenamientos de fuerza, es decir, sus niveles de adaptación son más bajos que los de los sujetos desentrenados. Como resultado, los volúmenes de entrenamiento deben ser progresivamente superiores con sujetos más entrenados, ya que hay evidencia de que los levantadores experimentados necesitan mayores estímulos para aumentar las ganancias de masa muscular (*Schoenfeld et al., 2018*).

Por lo tanto, en la programación de los entrenamientos de fuerza **debemos encontrar el umbral máximo** referente al volumen de entrenamiento que generará adaptaciones, ya que a partir de ese umbral, individual y específico de cada sujeto, habrá un riesgo alto de caer en sobre-entrenamiento, decayendo el rendimiento y descendiendo las ganancias de masa muscular, así como los umbrales mínimos. Referente a los umbrales del volumen de entrenamiento, debemos conocer una serie de conceptos fundamentales para las programaciones de los deportistas:

- **MV (Maintenance Volume):** volumen de mantenimiento, es decir, el volumen mínimo de entrenamiento que necesitamos para mantener nuestra masa muscular.
- **MEV (Minimum Effective Volume):** volumen mínimo efectivo, es decir, el mínimo volumen de entrenamiento que supone un estímulo ante el que generar adaptaciones.
- **MAV (Maximum Adaptive Volume):** máximo volumen adaptativo, es decir, volumen óptimo para generar adaptaciones o el rango de volumen en el que obtendremos mayores ganancias.
- **MRV (Maximum Recoverable Volume):** máximo volumen recuperable, es decir, el máximo volumen del que un sujeto puede recuperarse. Si superamos este MRV, podemos caer en un estado de sobreentrenamiento.

Una vez conocidos estos umbrales, se debería tener en cuenta cómo repartir el volumen de entrenamiento entre los diferentes grupos musculares. Este aspecto hace referencia a la proporción entre las series de los músculos **agonistas-antagonistas** (como pueden ser cuádriceps-isquiotibiales). Aunque se conoce que la relación fisiológica de fuerza entre los músculos agonistas y antagonistas no es necesario que sea de ratio 1:1, debería considerarse el balance entre el volumen de entrenamiento por grupo muscular (La Scala *Teixeira et al.*, 2018), ya que los desequilibrios entre músculos agonistas-antagonistas podrían causar diversos problemas:

- Desviaciones posturales
- Deterioro del trabajo dinámico
- Mayor riesgo de lesión en otras actividades
- Deterioro de la coordinación
- ...

En última instancia trataremos el principio de la **sobrecarga progresiva**, uno de los principios más importantes para progresar en el entrenamiento, y en lo que nos concierne en esta revisión, en las ganancias de masa muscular. Este principio hace referencia a la acumulación progresiva y paulatina de trabajo, de

forma que los aumentos de la carga sean graduales y cada vez mayores a medida que los sujetos vayan generando las adaptaciones propias del entrenamiento; así se evitarán los estancamientos. Como se ha mencionado, existe suficiente evidencia científica que afirma que el volumen de entrenamiento es una de las variables más importantes a tener en cuenta para las ganancias de masa muscular, y si el objetivo es maximizarla, se debe aplicar el principio de la sobrecarga progresiva al volumen de entrenamiento en las planificaciones; para ello, podemos encontrar diferentes estrategias (*Figueiredo et al., 2018*):

- Aumento de las **repeticiones** realizadas **por** cada **serie**.
- Aumento de las **series** realizadas por ejercicio.
- Aumento de los ejercicios de entrenamiento.
- Aumento de la **frecuencia** de entrenamiento semanal.
- Cuando todo lo anterior se mantiene, se debe aumentar la carga total a través de la intensidad (series x repeticiones x intensidad).

Por consiguiente, tras observar la directa influencia del volumen de entrenamiento en las ganancias de masa muscular, el **objetivo** de esta revisión será evaluar los efectos de diferentes volúmenes de entrenamiento, en particular el número de series semanales por grupo muscular, en el aumento de la HP del músculo esquelético.

MÉTODO

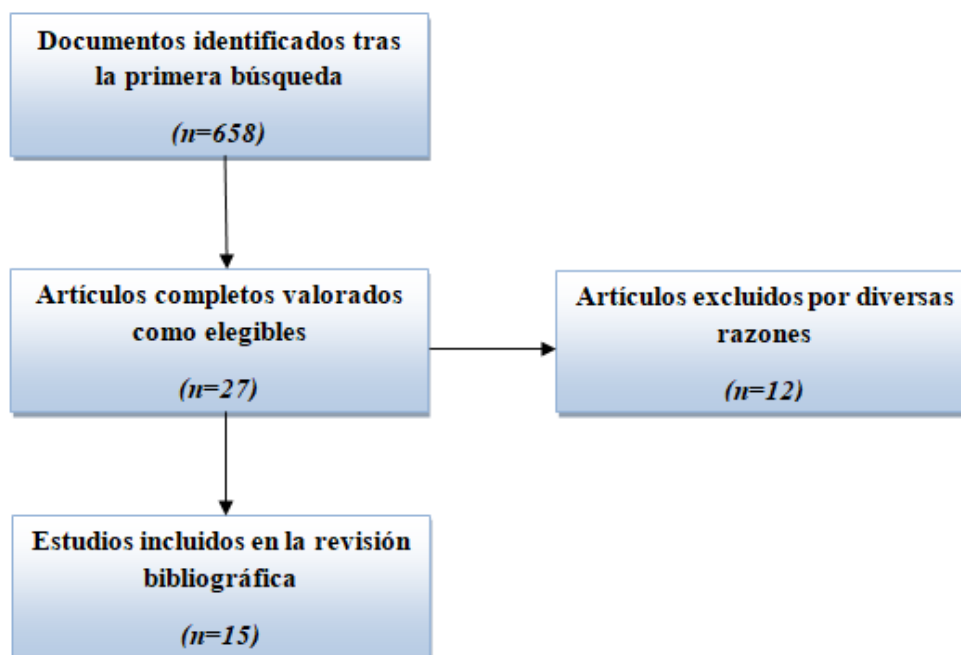
En primera instancia, antes de llevar a cabo la revisión bibliográfica sobre la evidencia científica existente hasta la fecha sobre la influencia del volumen de entrenamiento en la HP muscular, se formuló la **pregunta de investigación** pertinente siguiendo la estrategia PICOT (Peñaherrera & Soria, 2015):

- **Población:** se han concretado las características de los participantes que se iban a incluir en la revisión: **sujetos jóvenes entrenados**, con una experiencia mínima de 1 año de entrenamiento con sobrecargas (2-3 entrenamientos por semana); además, no deben haber sufrido una lesión durante el último año previo al estudio.
- **Intervención:** respecto a la intervención, buscaremos los efectos de diferentes volúmenes de entrenamiento en la sección transversal del músculo (CSA), o lo que es lo mismo, es la HP muscular.
- **Comparación:** es necesario que en los estudios a analizar se observe una comparación entre grupos para evaluar si las ganancias de masa muscular se masifican con un mayor o menor volumen de entrenamiento (grupo experimental/es y/o grupo control).
- **Outcomes (resultados):** debemos tener en cuenta que las ganancias de masa muscular pueden estar distorsionadas por diferentes agentes externos, por lo que se deben reducir estos factores para asegurar que las ganancias de masa muscular se deban a la variable que se pretende evaluar, el volumen de entrenamiento. Entre los principales agentes externos podemos encontrar la suplementación deportiva y la alimentación durante la intervención, aspectos que se deberán tener en cuenta en el análisis de los estudios.
Para valorar los resultados, se podrán emplear tanto mediciones directas como indirectas de la HP muscular.
- **Tiempo:** es necesario que las intervenciones tengan una duración mínima de 6 semanas, que es el período mínimo necesario para obtener resultados significativos en cuanto a ganancia de masa muscular se refiere.

Tras seguir los pasos de la estrategia PICOT (Peñaherrera & Soria, 2015), la pregunta de investigación formulada fue la siguiente: **¿Cuál es el volumen de entrenamiento idóneo, en cuanto a series realizadas por grupo muscular a la semana se refiere, para maximizar las ganancias de masa muscular en sujetos entrenados?**

Búsqueda bibliográfica: Una vez desarrollada la pregunta de investigación, se realizó una búsqueda bibliográfica hacia febrero de 2019 en diferentes bases de datos: *PubMed, ResearchGate, Dialnet y Scopus*. La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo a través de las siguientes palabras clave, que se combinaron con agentes *Booleanos* ("and" y "or"): "resistance training" and "hypertrophy" or "cross-sectional area" and "training volumen" or "sets".

Criterios de inclusión: los criterios de inclusión de la presente revisión bibliográfica fueron los siguientes: (a) las intervenciones deben tener una duración mínima de 6 semanas, (b) los estudios deben ser ensayos controlados que comparen diferentes grupos, o bien revisiones sistemáticas, (c) los estudios deben comparar el número total de series por semana/ o por ejercicio, (d) los sujetos deben tener como mínimo 1 año de experiencia en el entrenamiento de fuerza, (e) se deben realizar mediciones directas o indirectas para valorar los resultados de HP muscular, y (f) los sujetos deben estar libres de lesiones durante 1 año previo al estudio.



RESULTADOS

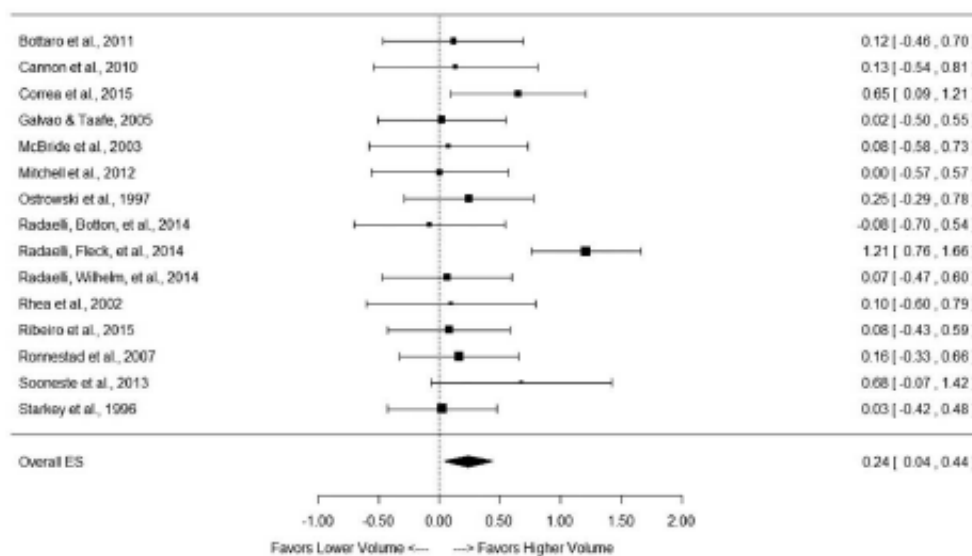
Está corroborado que el **volumen** de entrenamiento es una de las variables más importantes a tener en cuenta cuando el objetivo principal es la hipertrofia muscular, o lo que es lo mismo, cuando se busca maximizar las ganancias de masa muscular (*La Scala Teixeira et al., 2018; Schoenfeld et al., 2018; Figueiredo et al., 2018; Amirthalingam et al., 2016*), por lo que será de vital importancia periodizar y cuantificar dicha variable del entrenamiento para intensificar estas ganancias de masa muscular.

Recientemente *Baz-Valle et al. (2018)* realizaron una revisión sistemática cuyo objetivo fue valorar nuevos métodos de cuantificación del volumen de entrenamiento, concretamente el número de series realizadas por grupo muscular a la semana. Se observó como ante un mismo número de series semanales por grupo muscular, realizadas hasta el fallo o cerca del fallo muscular (< 4 repeticiones en recámara), las ganancias de masa muscular eran similares, independientemente de la intensidad y del rango de repeticiones (*continuum para hipertrofia*) empleados, por lo que la cuantificación de las series realizadas por grupo muscular a la semana podría ser una alternativa válida para cuantificar el volumen de entrenamiento para sujetos entrenados, cuyo objetivo sea maximizar sus ganancias de masa muscular. Ahora bien, la problemática radica en encontrar ese volumen de series semanales idóneo para maximizar la hipertrofia del músculo esquelético de los sujetos entrenados.

En busca de respuestas a estos volúmenes de entrenamiento idóneos para las ganancias de masa muscular, *Schoenfeld y Grgic (2017)* propusieron una relación dosis-respuesta entre el volumen de entrenamiento y las ganancias de masa muscular, cuya forma era de una "U" invertida, es decir, a mayores volúmenes de entrenamiento (en cuanto a series por grupo muscular a la semana se refiere), mayores ganancias de HP muscular. Pero sólo hasta cierto punto, por eso dicha denominación de "U" invertida: se encontrará un umbral superior teórico, individual para cada individuo, que no generará adaptaciones musculares positivas, incluso podrá generar adaptaciones negativas por el exceso de estímulo que supongan esas series semanales por grupo muscular, albergando un alto riesgo de caer en sobre-entrenamiento (*Figueiredo et al., 2018*). Sin embargo, a pesar de las aportaciones de esta propuesta de dosis-respuesta, la problemática de cuántas series por grupo muscular son necesarias para generar adaptaciones a nivel muscular sigue en el aire.

Para paliar dicha problemática, *Schoenfeld et al. (2016)* llevaron a cabo una revisión sistemática cuyo objetivo fue valorar la relación entre dosis-respuesta entre las series semanales realizadas por grupo muscular y las ganancias de masa muscular que generasen. Por una parte, realizaron una clasificación del volumen de entrenamiento a tres niveles: se consideró bajo volumen de entrenamiento a **< 5 series por grupo muscular por semana**; volumen moderado a **5-9 series**; y volumen alto a **> 10 series por grupo muscular por semana**. En dicha clasificación, se observó cómo con volúmenes bajos de entrenamiento se podían obtener mejoras a nivel de hipertrofia muscular; sin embargo, los protocolos de entrenamiento de alto volumen, es decir, **> 10 series semanales por grupo muscular**, proporcionaban mejoras significativas en las ganancias de masa muscular. Además, se pudo observar un **aumento de un 0,36% de la masa muscular por cada serie semanal adicional**, dando como resultado una relación dosis-respuesta incremental entre el volumen de entrenamiento y las ganancias de masa muscular, coincidiendo también con mayores niveles de síntesis proteica muscular post-ejercicio.

Por otro lado, llevaron a cabo una clasificación a dos niveles: bajo volumen **< 9 series semanales por grupo muscular**; y alto volumen **> 10 series**. De esta clasificación se obtuvo un diagrama de bosque donde se puede observar cómo los programas de entrenamiento de alto volumen (**> 10 series**) muestran mejoras significativas en las ganancias de masa muscular:



Schoenfeld et al. (2016)

A pesar de todo, parece que realizar 10 series o más de un mismo ejercicio no genera mejoras en sujetos entrenados; por lo tanto, los altos volúmenes de entrenamiento deberán ser divididos en varios ejercicios, mejor que realizar todas las series en un mismo ejercicio, para sacar el máximo partido a estos altos volúmenes de entrenamiento (*Figueiredo et al., 2018*).

Recientemente, también *Schoenfeld et al. (2018)* realizaron un estudio con 45 sujetos entrenados durante 8 semanas con el objetivo de determinar las adaptaciones musculares que se produjeran ante diferentes volúmenes de entrenamiento: bajo volumen (**1 serie por ejercicio por sesión**); volumen moderado (**3 series por ejercicio por sesión**); y alto volumen (**5 series por ejercicio por sesión**). Cabe destacar que todas las series se llevaron hasta el fallo muscular, con un rango de repeticiones moderado (8 RM – 12 RM).

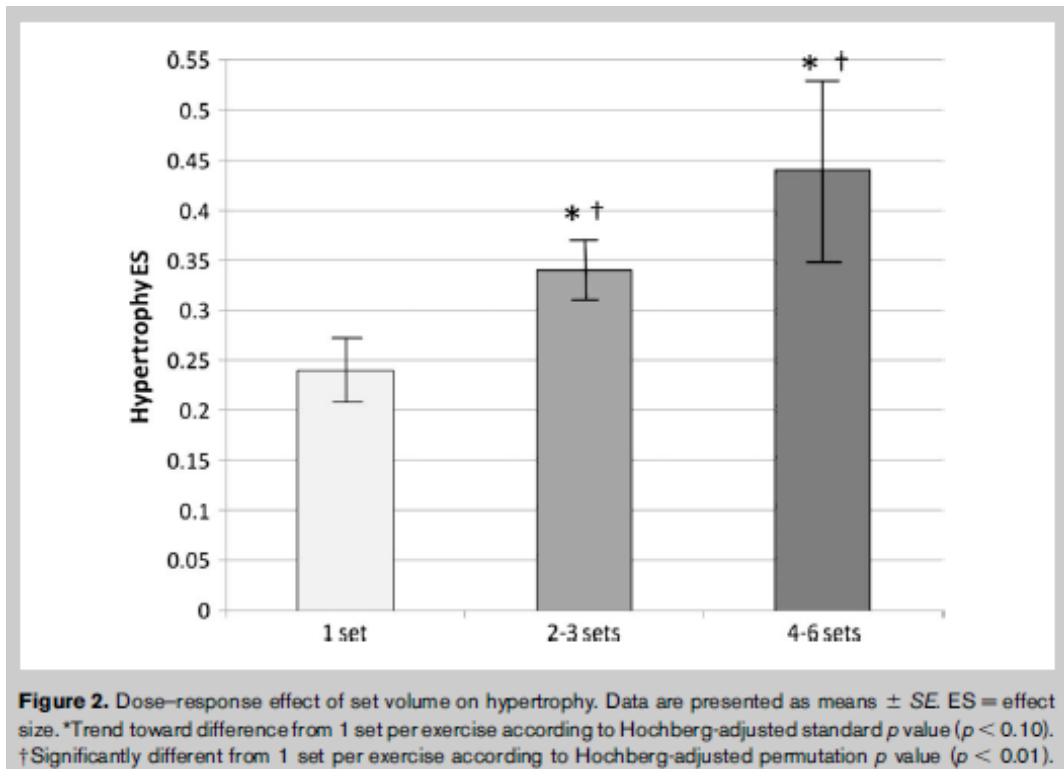
Tras las ocho semanas que duró la intervención, se encontraron aumentos significativos de la masa muscular del **bíceps braquial**, en el que el grupo de 5 series se vio favorecido respecto al de 1 serie; sin embargo, no hubo evidencia a favor del grupo de 3 series frente al de 5. Es posible que los ejercicios mono-articulares y analíticos sean más importantes para la HP muscular de los brazos que los ejercicios multi-articulares cuando los volúmenes de entrenamiento son bajos. Además, se encontraron mejoras significativas en el aumento del **recto femoral**, destacando las diferencias significativas entre el grupo de 1 serie y 5 series. La evidencia **favoreció al grupo de 5 series**, además también se vio favorecido frente al grupo de 3 series. También se encontraron mejoras significativas del **vasto lateral**, favoreciendo al grupo de 5 series frente al de 3 y al de 1. A pesar de todo, todos los grupos mostraron mejoras en los sitios de las medidas de la pre-intervención a la post-intervención.

Radaelli et al. (2015) también llevaron a cabo un estudio con 48 sujetos durante seis meses cuyo objetivo principal fue valorar las respuestas adaptativas musculares que se producían ante diferentes volúmenes de entrenamiento. En el estudio se dividió a los sujetos en tres grupos: grupo de bajo volumen, que realizaba 1 serie por ejercicio (**3 series a la semana** por grupo muscular); grupo de volumen moderado, que realizaba 3 series por ejercicio (**9 series a la semana** por grupo muscular); y grupo de alto volumen, que realizaba 5 series por ejercicio (**15 series a la semana** por grupo muscular). Todas las series se realizaron con un rango de repeticiones moderado (**8-12RM**), llegando siempre hasta el fallo

muscular y con intervalos de descanso entre **90-120 segundos entre series y ejercicio**.

Los grupos de **3 series y de 5 series** aumentaron significativamente el grosor muscular del flexor del hombro (**bíceps braquial**), siendo el aumento del grupo de 5 series significativamente mayor respecto a los otros dos grupos. El grupo de **5 series** también aumentó de forma significativa el grosor del extensor del hombro (**tríceps braquial**), siendo significativamente mayor que los otros dos grupos. Como podemos observar, los resultados de dicho estudio están en concordancia con los obtenidos en la revisión sistemática de *Schoenfeld et al. (2016)*, donde mayores volúmenes de entrenamiento se asocian con mayores ganancias de masa muscular, en concreto > 10 series semanales por grupo muscular. Además, dichos resultados apoyan que series múltiples dan como resultado mejores ganancias de masa muscular que series simples, en concreto 3 y 5 series por ejercicio mayores ganancias que 1 serie por ejercicio (*Radaelli et al., 2015; Schoenfeld et al., 2016*).

Krieger (2010) realizó un meta-análisis cuyo objetivo fue comparar el efecto de una única serie por ejercicio frente a múltiples series en la hipertrofia del músculo esquelético. Los resultados mostraron una mejor relación entre series múltiples por ejercicio y la talla muscular que una única serie. El modelo de dosis-respuesta mostraba una tendencia en el que se asociaban **2-3 series por ejercicio** con mayor talla muscular que **1 serie por ejercicio**. Además, la tendencia también fue favorable a **4-6 series por ejercicio** frente a **1 serie por ejercicio** en las ganancias de masa muscular. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos de 2-3 series y 4-6 series por ejercicio.



Krieger (2010)

Podemos concluir con el siguiente meta-análisis que **múltiples series se asocian con un 40% de mayor HP que una única series**, tanto en sujetos entrenados como desentrenados (*Krieger, 2010*).

Por otro lado, *La Scala Teixeira et al. (2018)* realizaron una revisión en la que determinaron que volúmenes similares o superiores a **10 series semanales** eran idóneos para maximizar las ganancias de masa muscular del **tren inferior**, concretamente en mujeres; sin embargo, se observó cómo las mejores ganancias de masa muscular para el **bíceps braquial** se obtuvieron con volúmenes inferiores, entre **4-6 series** por sesión de entrenamiento. Se sugirió tras el análisis de estos resultados que los grupos musculares del tren inferior podían tolerar un mayor volumen de entrenamiento semanal que los grupos musculares del tren superior por diversas razones, entre ellas por un mayor uso en la vida cotidiana, lo que les convierte en grupos musculares con tolerancia a mayores estímulos de entrenamiento.

Siguiendo con la dinámica del volumen de entrenamiento en relación a la musculatura del tren superior, en concreto la musculatura concerniente al brazo, *Figueiredo et al. 2018* realizaron un estudio en el que determinaron que la combinación de **7 series semanales** de ejercicios específicos del **tríceps braquial**

podrían promover una máxima hipertrofia muscular de dicha musculatura; sin embargo, observaron cómo volúmenes cuatro veces mayores no parecían ser perjudiciales. Además, afirmaron cómo era posible alcanzar similares ganancias de HP muscular con diferentes intensidades, tanto moderadas como altas, siempre y cuando se llegara cerca del fallo muscular; determinaron que era posible gracias a la existencia el *continuum de hipertrofia*, es decir, si se trabaja con intensidades moderadas, el reclutamiento se producirá con la fatiga de las unidades motoras (UM), o lo que es lo mismo, a medida que se fatiguen unas UM se van a ir incorporando otras, de tal forma que llegando cerca del fallo muscular vamos a conseguir este reclutamiento masivo interesante para la HP; sin embargo, con el empleo de intensidades altas, este reclutamiento va a ser máximo casi desde el principio de la serie, por lo que la fatiga y el fallo muscular llegará antes.

Por otro lado, *Gonzales (2016)* realizó una revisión en la que buscó examinar las respuestas y las adaptaciones producidas por protocolos de entrenamiento típicos de HP muscular. En la revisión se sugirió que los sujetos entrenados o con experiencia en el entrenamiento de fuerza demandan mayores volúmenes de entrenamiento para generar adaptaciones que los sujetos desentrenados, ya que muestran una atenuación en las señales anabólicas intramusculares, así como de sus ratios de síntesis proteica, por lo que requieren de mayores volúmenes de entrenamiento (series semanales por grupo muscular) para generar adaptaciones en cuanto a ganancias de masa muscular. Además, se observó en los resultados del estudio, cómo ante volúmenes de entrenamiento igualados, las diferencias en cuanto a ganancias de masa muscular eran casi imperceptibles entre grupos (HP y fuerza), independientemente del rango de repeticiones empleado; por lo tanto, estos resultados apoyan también el denominado *continuum de hipertrofia*, que afirma que independientemente del rango de repeticiones que se emplee, siempre y cuando se llegue hasta el fallo muscular o cerca del fallo muscular, las ganancias de masa muscular serán similares. También *Schoenfeld et al. (2014)* llevaron a cabo un estudio en el que compararon las respuestas hipertróficas ante dos protocolos diferentes de entrenamiento, el primero un entrenamiento tipo HP (3 x 10 RM), y el segundo tipo fuerza (7 x 3RM). Tras las 8 semanas que duró la intervención, no se encontraron diferencias significativas entre grupos en las ganancias de masa muscular, en concreto en el grosor del bíceps braquial, medida que se midió a través de ultrasonidos.

A pesar de la ausencia de diferencias significativas entre grupos, podemos observar en la tabla inferior un aumento significativo del grosor del bíceps braquial del pre- al post- test en ambos grupos. Por lo tanto, cabe destacar que ante volúmenes de entrenamiento igualados (volume load), las ganancias de masa muscular también serán similares.

TABLE 5. Mean (\pm SD) pre- and posttraining data for 1RM bench press for ST and HT in kilograms.

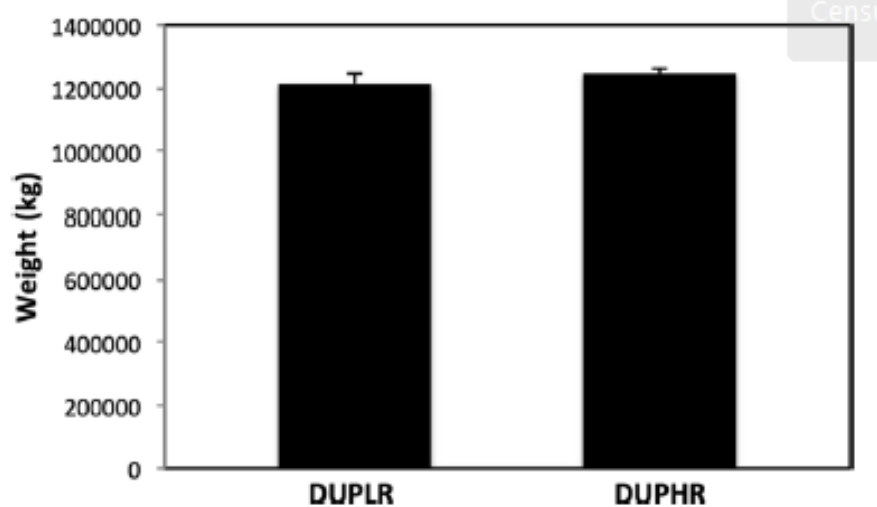
ST		HT	
Preintervention	Postintervention	Preintervention	Postintervention
104.8 \pm 26.6	116.2 \pm 21.5*	97.1 \pm 20.6	105.1 \pm 18.0*

*Represents significant difference.

Schoenfeld et al. (2014)

Los resultados del estudio de *Klemp et al. (2016)* también concuerdan con lo de *Schoenfeld et al. (2014)*, afirmando que ante protocolos que igualan el volumen de entrenamiento, como podemos observar en el gráfico inferior, las ganancias en cuanto a HP muscular serán similares independientemente del rango de repeticiones. Ambos grupos del estudio mostraron ganancias de masa muscular en el pectoral, en el cuádriceps lateral distal y en el cuádriceps anterior, pero no se encontraron diferencias significativas entre grupos.

Fig. 1. Absolute training volume. DUPLR, daily undulating periodized low repetition group; DUPHR, daily undulating periodized high repetition group. Total volume (squat volume plus bench press volume) is shown. Values are means \pm SD. Absolute training volume was not different between groups.



Klemp et al. (2016)

Sin embargo, a pesar de toda la evidencia científica mencionada hasta ahora a favor de altos volúmenes de entrenamiento para las ganancias de masa muscular, también encontramos la perspectiva opuesta. Por una parte, *La Scala Teixeira et al. (2018)* realizaron un estudio cuyo objetivo fue valorar diferentes volúmenes de entrenamiento en la HP muscular del tren superior, y determinaron que altos volúmenes de entrenamiento (**≥ 3 series por grupo muscular y por sesión**) no eran significativamente mejores que los bajos volúmenes (**< 3 series por grupo muscular y por sesión de entrenamiento**) en las ganancias de HP muscular del tren superior en **sujetos desentrenados**. Sin embargo, para **sujetos entrenados** no se pudo concluir si altos volúmenes de entrenamiento (**> 6 series semana por grupo muscular**) ofrecían mejores resultados que los bajos volúmenes en las ganancias de HP muscular del tren superior, y viceversa.

Además, *Amirthalingam et al. (2016)* realizaron un estudio en el que se compararon las adaptaciones hipertróficas de un programa de entrenamiento de alto volumen, como es el entrenamiento de volumen alemán (GVT), que consistió en la realización de **10 series** a intensidades relativas de 10RM, con otro protocolo de menor volumen, que consistió en la realización de **5 series** a intensidades relativas de 10RM. Los resultados, obtenidos a través de rayos x (masa magra) y ultrasonidos (grosor muscular), mostraron mejoras de la masa magra de la zona del tronco y de los brazos favorables al grupo de 5 series. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre grupos en cuanto a las ganancias de masa magra del tren inferior. Por lo tanto, parece ser que el GVT no es un método de entrenamiento tan efectivo como se había creído para las ganancias de masa muscular, siendo un **rango entre 4-6 series por ejercicio y por sesión** de entrenamiento idóneas para las ganancias de HP muscular. Sin embargo, debemos tener cuidado a la hora de interpretar los resultados de dicho estudio, ya que posee ciertas limitaciones que pueden condicionar los resultados, como es la corta duración del estudio (6 semanas), así como el reparto del volumen de series semanales a la semana del tren inferior (frecuencia 1).

GRUPO DE GVT (“Split Routine” intervención)						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Pectoral (14 series)		PIERNA (31 series)		Hombro (20 series)		
Espalda (14 series)				Bíceps (4 series)		
				Tríceps (4 series)		
GRUPO DE GVT (PROPUESTA DE LA DIVISIÓN DEL VOLUMEN SEMANAL)						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Pectoral (7 series)	Pierna (10 series)		Pectoral (7 series)	Pierna (10 series)		Pierna (11 series)
Hombro (10 series)	Espalda (7 series)		Hombro (10 series)	Espalda (7 series)		Bíceps (4 series)
						Tríceps (4 series)

Por último, *Ostrowski, Wilson, Weatherby, Murphy y Little (1997)* llevaron a cabo un estudio en el que valoraron las adaptaciones musculares generadas ante protocolos de entrenamiento de bajo (3 series semana por grupo muscular), moderado (6 series) y alto volumen (12 series) de entrenamiento. La intervención de los protocolos de entrenamiento duró 10 semanas; para la valoración de los resultados se empleó ultrasonidos, antes y después de las 10 semanas que duró el período de entrenamiento. Cada grupo mostró mejoras en las ganancias de masa muscular del recto femoral y del tríceps braquial; por ejemplo, el tríceps braquial mejoró un 2.3, 4.7 y 4.8% respectivamente, en los grupos de bajo, moderado y alto volumen, viendo mejores ganancias, aunque no significativas, en el grupo de mayor volumen de entrenamiento. A pesar de que se encontraron cambios en la circunferencia del recto femoral, la CSA del recto femoral y la talla del bíceps braquial entre el pre- y post-test, **no se encontraron diferencias significativas** entre grupos, por lo que se sugirió que se pueden llegar a conseguir ganancias similares con volúmenes bajos de entrenamiento (3 series por grupo muscular por semana) que con volúmenes altos.

REFERENCIA	DURACIÓN	EXPERIENCIA	VOLUMEN	INTENSIDAD	MEDICIÓN
<i>La Scala Teixeira et al. (2018)</i>	-	Sujetos Entrenados: 105 sujetos con un mínimo de 6 meses de entrenamiento consecutivo.	WSV = volumen de series semanales Los hombres mostraban un mayor WSV del tren superior, mientras que las mujeres del tren inferior. No había diferencias significativas en cuanto al volumen de entrenamiento de la musculatura abdominal entre grupos. El cuádriceps (mujeres) aumenta de manera significativa = 10 series o más por sesión de entrenamiento; Bíceps braquial se asocian a 4-6 series por sesión de entrenamiento.	Cerca o llegando al fallo muscular.	-
<i>La Scala Teixeira et al. (2018) Revisión</i>	-	Sujetos Entrenados y Desentrenados	No se puede concluir si altos volúmenes (> 6 series semana por grupo muscular) de entrenamiento ofrecen mejores resultados que los bajos volúmenes en las ganancias de HP muscular del tren superior. <i>Wernborn et al. (2007)</i>	-	-

			afirman que volúmenes altos (≥ 10 series) de series por sesión de entrenamiento estimular mejores respuestas en términos de masa muscular que rutinas de volúmenes bajos (3, 4,5, 6,7-9 series) para el tren inferior . Respecto a la musculatura del tren superior (flexores del hombro), los resultados mostraron que 4-6 series por grupo muscular por sesión fueron más efectivas que ≥ 9 series en las ganancias de CSA.		
<i>Figueiredo et al. (2018)</i>	-	Sujetos Entrenados	La combinación de 7 series semanales de ejercicios de aislamiento que afectan al tríceps (directa o indirectamente) podría promover una HP máxima, aunque volúmenes cuatro veces mayores no parecen ser perjudiciales. Aun así, parece que realizar 10 series de un mismo ejercicio no generan mejoras en sujetos entrenados.	-	-

<p><i>Baz-Valle et al. (2018)</i> <i>Revisión sistemática</i></p>	<p>Intervenciones con un mínimo de 6 semanas.</p>	<p>Sujetos Entrenados (con un mínimo de 1 año de experiencia en entrenamiento de fuerza).</p>	<p>Método de cuantificación del volumen de entrenamiento: las series por grupo muscular a la semana es un método efectivo para las ganancias de masa muscular.</p>	<p>Llegando siempre al fallo muscular en cada serie.</p>	<p>Mediciones a través de: rayos x; imagen por resonancia magnética (MRI); ultrasonidos; plestimografías; y/o pliegues cutáneos.</p>
<p><i>Schoenfeld et al. (2018)</i></p>	<p>8 semanas</p>	<p>45 Sujetos Entrenados (mínimo 3 entrenamientos a la semana durante un año consecutivo).</p>	<p>G. Bajo Volumen: realizaron 1 serie por ejercicio por sesión. Volumen de series semanal: 3 series (pecho y hombro); 6 series (espalda) por grupo muscular del tren superior y 9 del tren inferior.</p> <p>G. Moderado Volumen: realizaron 3 series por ejercicio por sesión. Volumen de series semanal: 9 series (pecho y hombro); 18 series (espalda) por grupo muscular del tren superior y 27 del tren inferior.</p> <p>G. Alto Volumen: realizaron 5 series por ejercicio por sesión. Volumen de series semanal: 15 series (pecho y hombro); 30 series (espalda) y 45 del tren inferior.</p>	<p>8-12RM, siempre llegando al fallo muscular.</p>	<p>Ultrasonidos: flexores del hombro; extensores del hombro; parte media del muslo; y parte lateral del músculo.</p>

			Frecuencia 3 de entrenamiento.		
<i>Schoenfeld y Grgic (2017)</i>	-	Sujetos Entrenados	Protocolos de múltiples series muestran mayores ganancias que protocolos de una única serie en cuanto a ganancias de masa muscular. Aun así, es necesaria una combinación de ambos volúmenes de entrenamiento, tanto bajos como altos, para seguir una progresión y alcanzar beneficios. Planteamiento de la curva dosis-respuesta.	Cerca o llegando al fallo muscular.	-
<i>Schoenfeld et al. (2016) Systematic review</i>	Intervenciones con un mínimo de 6 semanas.	Sujetos Entrenados y Desentrenados	Volúmenes altos (> 10 series por semana por grupo muscular) mayores ganancias de HP.	Cerca o llegando al fallo muscular.	Mediciones directas e indirectas.
<i>Schoenfeld et al. (2014)</i>	8 semanas	Sujetos Entrenados	G. Tipo HP: 3 x 10 G. Tipo Fuerza: 7 x 3 Ambos grupos realizaron una "Split routine", en la que entrenaron tres días a la semana; cada día tres	G. Tipo HP: 10RM G. Tipo Fuerza: 3RM	Ultrasonidos (Bíceps Braquial)

			ejercicios por grupo que correspondiera (pectoral; espalda; pierna).		
<i>Klemp et al. (2016)</i>	8 semanas	16 Sujetos Entrenados (debían haber realizado como mínimo una frecuencia uno de los ejercicios de press banca y sentadilla con barra durante 6 meses).	Ambos grupos se igualaban en el volumen total de entrenamiento. G.1: realizaban 12 repeticiones el primer día; 10 repeticiones el segundo; y 8 el tercero. G.2: realizaba 6 repeticiones el primer día; 4 el segundo; y 2 el tercero. Frecuencia 3 de entrenamiento.	Porcentajes relativos del 60 al 85% 1RM.	Ultrasonidos: pectoral y cuádriceps.
<i>González (2016)</i>	8 semanas	Sujetos Entrenados	Programa HP: 4 x 10-12 repeticiones Programa Fuerza: 4 x 3-5 repeticiones	Programa HP: 70 %1RM. Programa Fuerza: 90 %1RM.	Medición de la masa libre de grasa por rayos-x; sección transversal del músculo.
<i>Amirthalingam et al. (2016)</i>	6 semanas	19 Sujetos jóvenes entrenados	G. Alto Volumen: 10 x 10 G. Bajo Volumen: 5 x 10 Ambos grupos realizaron una "split routine" con	Intensidades relativas de 10RM	Ultrasonidos (grosor muscular) y rayos-x (masa magra)

			frecuencia 1.		
<i>Radaelli et al. (2015)</i>	6 meses	48 Sujetos (militares) desentrenados (en levantamiento de pesas; familiarizados con entrenamientos con su propio peso corporal: flexiones, dominadas y abdominales).	<p>G. Bajo Volumen: 1 serie por ejercicio. 3 series por grupo muscular tren superior a la semana; 6 series cuádriceps; 3 isquitibiales.</p> <p>G. Moderado Volumen: 3 series por ejercicio. 9 series por grupo muscular tren superior a la semana; 18 series cuádriceps; 9 isquiotibiales.</p> <p>G. Alto Volumen: 5 series por ejercicio. 15 series por grupo muscular tren superior a la semana; 30 series cuádriceps; 15 isquitibiales.</p> <p>GC: el grupo control siguió realizando el entrenamiento tipo militar con propio peso corporal, también con una frecuencia de 3 veces por semana.</p> <p>Frecuencia 3 de entrenamiento.</p>	8-12RM, llegando siempre hasta el fallo muscular.	Medición del grosor muscular a través de Ultrasonidos: flexores del hombro y extensores del hombro.

<p><i>Krieger (2010)</i> <i>Meta-análisis</i></p>	<p>Intervenciones con un mínimo de 4 semanas.</p>	<p>-</p>	<p>Se asocian 2-3 series por ejercicio con mayores ganancias de talla muscular que 1 serie por ejercicio. Además, esta tendencia también fue favorable a 4-6 series por ejercicio frente a 1 serie por ejercicio en las ganancias de masa muscular.</p>	<p>-</p>	<p>Mediciones: masa libre de grasa; masa regional libre de grasa; CSA; circunferencia muscular; y/o talla muscular.</p>
<p><i>Ostrowski et al. (1997)</i></p>	<p>10 semanas de intervención</p>	<p>27 Sujetos Entrenados (experiencia entre 1 y 4 años).</p>	<p>GRUPO DE BAJO VOLUMEN: 3 series por grupo muscular por semana.</p> <p>GRUPO DE VOLUMEN MODERADO: 6 series por grupo muscular por semana.</p> <p>GRUPO DE ALTO VOLUMEN: 12 series por grupo muscular por semana.</p> <p>Entrenaban 4 veces a la semana. Los grupos musculares se entrenaban con frecuencia uno.</p>	<p>Llegando siempre al fallo muscular en cada serie.</p>	<p>Medición de la talla muscular a través de Ultrasonidos: medición de la CSA del recto femoral y del bíceps braquial.</p>

DISCUSIÓN

Los principales resultados de esta revisión bibliográfica dejan patente la clara repercusión que tiene la modificación del volumen de entrenamiento, en cuanto a número de series por grupo muscular a la semana/ por ejercicio se refiere, en las ganancias de masa muscular. Por lo tanto, cuando el objetivo es maximizar la hipertrofia muscular de los sujetos entrenados, no se deberá olvidar esta variable del entrenamiento, empleando el resto, como son la intensidad, la frecuencia, la selección de ejercicios, el TUT y los descansos entre series/ejercicios, como herramientas complementarias a la variable principal, el volumen de entrenamiento.

Como hemos podido comprobar, los resultados de la revisión bibliográfica muestran una relación dosis-respuesta entre el volumen de entrenamiento y las ganancias de masa muscular; en la mayoría de los casos, esta relación muestra una tendencia ascendente, o lo que es lo mismo, mayores volúmenes de series por grupo muscular a la semana/ por ejercicio se traducen en mayores ganancias de masa muscular en sujetos entrenados.

A pesar de todo, la evidencia científica hasta la fecha sigue sin resolver la problemática de los umbrales máximos de entrenamiento que generan ganancias de masa muscular, o lo que es lo mismo, sin aportar soluciones contundentes sobre el MRV (máximo volumen recuperable). Sin embargo, con los umbrales mínimos, como son el MV (volumen de mantenimiento) y el MEV (mínimo volumen efectivo), parece que la evidencia científica sí que se pone de acuerdo y sigue una tendencia, que se refleja en la afirmación que series múltiples aportan mayores ganancias musculares que series simples. Por lo tanto, podemos afirmar que realizar > 1 serie por ejercicio sería vital para alcanzar ese volumen mínimo efectivo que genere resultados en las ganancias de masa muscular.

Por otro lado, encontramos algún estudio (*Amirthalingam et al., 2016; Ostrowski et al., 1997*) que no apoya esta tendencia ascendente de a mayor volumen de entrenamiento mayores ganancias de masa muscular, sino todo lo contrario, los resultados muestran que mayores volúmenes de entrenamiento no generan mayores ganancias de masa muscular. Cabe destacar de ambos estudios que hay que tener cuidado en la interpretación de los resultados; por una parte, una mala gestión del volumen de entrenamiento en el estudio de *Amirthalingam*

et al. (2016) podría ser la causante de que los resultados no fueran favorables al grupo de mayor volumen; por otra parte, en el estudio de *Ostrowski et al.* (1997), a pesar de que no se obtuvieron diferencias significativas entre los grupos de bajo, moderado y alto volumen, la tendencia fue a que las mejoras fueron superiores para los grupos de moderado y alto volumen; por lo tanto, que no haya diferencias significativas no significa que no haya mejoras en los grupos, sino que las diferencias obtenidas entre los grupos no es suficientemente grande como para realizar una afirmación universal.

Para finalizar, destacar que los resultados obtenidos en la revisión bibliográfica no se pueden extrapolar a la población general, debido a que sólo se ha analizado a sujetos entrenados.

En resumen, existen múltiples variables que se pueden modificar para maximizar las ganancias de masa muscular, pero parece que el volumen de entrenamiento es indispensable cuando se busca dicho objetivo. A pesar de todo, son necesarios futuros estudios que ayuden a clarificar la problemática encontrada hasta la fecha, como son los umbrales superiores que generen ganancias de masa muscular.

PROPUESTA PRÁCTICA

Tras la realización de la revisión bibliográfica sobre el volumen de entrenamiento como variable principal para las ganancias de masa muscular, se ha realizado la siguiente propuesta de entrenamiento de 50 semanas, lo que se asemeja a un año deportivo, en la que se refleja cómo se ondularía el volumen de entrenamiento en los diferentes mesociclos para un sujeto entrenado.

Cabe destacar cómo tras adaptar al organismo a volúmenes relativamente bajos/moderados (hasta el mesociclo 4 incluido), se somete al organismo a estímulos superiores/altos, lo cuales podrían rondar alrededor del MAV; por otra parte, en el mesociclo 7 se realizan 3 semanas de descarga (volúmenes bajos), buscando un pico de supercompensación para posteriormente trabajar ante estímulos relativos al MRV. Para finalizar la temporada, se introduce el último mesociclo de descarga, en la que se buscará una regeneración del organismo, así como su vuelta a la adaptación a volúmenes bajos de entrenamiento.

MESOCICLO	Meso 1	Meso 2	Meso 3	Meso 4	Meso 5	Meso 6	Meso 7	Meso 8	Meso 9
SEMANAS	1-6	7-12	13-18	19-24	25-30	31-36	37-39	39-45	45-50
SERIES/SEMANAS/ GRUPO MUSCULAR	6-10		11-15		15-20		3-6	20-±25	2-3

BIBLIOGRAFÍA

- La Scala Teixeira, C. Pereira, E. Evangelista, A. Lopes, C. Júnior, D. Schoenfeld, B. Bocalini, D. (2018). Is the weekly sets volume training performed by trained subjects in accordance with training recommendations guidelines for muscle hypertrophy? *Motriz, Río Claro*, 24, 2.
- La Scala Teixeira, C. Motoyama, Y. Azevedo, P. Evangelista, A. Steele, J. Bocalini, D. (2018). Effect of resistance training set volume on upper body muscle hypertrophy: are more sets really better than less? *Clin Physiol Funct Imaging*, 38, 727-732.
- Figueiredo, V. C. Salles, B.F. Trajano, G. S. (2018). Volume for muscle hypertrophy and health outcomes: the most effective variable in resistance training. *Sport med*, 48, 499-505.
- Baz-Valle, E. Fuentes-Villalba, M. Santos-Concejero, J. (2018). Total number of sets as a training volume quantification method for muscle hypertrophy: a systematic review. *Journal of strength and conditioning research*, 00 (00), 1-9.
- Schoenfeld, B. Contreras, B. Krieger, J. Grgic, J. Delcastillo, k. Belliard, R. Alto, A. (2018). Resistance Training Volume Enhances Muscle Hypertrophy but Not Strength in Trained Men. *Medicine and science in sports and exercise*, 51 (1), 94–103.
- Schoenfeld, B. Grgic, J. (2017). Evidence-based guidelines for resistance training volume to maximize muscle hypertrophy. *Strength and conditioning journal*, DOI: 10.1519/SSC.0000000000000363.
- Schoenfeld, B. Ogborn, D. Krieger J. (2016): Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis, *Journal of Sports Sciences*, DOI: 10.1080/02640414.2016.1210197.
- Schoenfeld, B. Ratamess, N.A. Peterson, M.D. Contreras, B. Sonmez, G.T. Alvar, B.A. (2014). Effects of different volume-equated resistance training loading strategies on muscular adaptations in well-trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28 (10), 2909-2918.

- Klemp, A. Dolan, C. Quiles, J.M. Blanco, R. Zoeller, R.F. Graves, S. Zourdos, M.C. (2016). Volume-equated high- and low-repetition daily undulating programming strategies produce similar hypertrophy and strength adaptations. *Appl. Physiol. Nutr. Metab*, 41, 699–705.
- Gonzalez, A. (2016). Acute anabolic response and muscular adaptation after hypertrophy-style and strength-style resistance exercise. *Journal of strength and conditioning research*, 30 (10), 2959-2964.
- Amirthalingam, T. Mavros, Y. Wilson, G.C. Clarke, J.L. Mitchell, L. Hackett, D.A. (2016). Effects of a modified german volume training program on muscular hypertrophy and strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(11), 3109–3119.
- Radaelli, R. Fleck, S. J. Leite, T. Leite, R. D. Pinto, R. S. Fernandes, L. Simao, R. (2015). Dose response of 1, 3 and 5 sets of resistance exercise on strength, local muscular endurance and hypertrophy. *Journal of Strength and Conditioning Research National*, 29(5), 1349–1358.
- Krieger, J.W. (2010). Single vs. multiple sets of resistance exercise for muscle hypertrophy: a meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24 (4), 1150-1159.
- Ostrowski, K.J. Wilson, G.J. Weatherby, R. Murphy P.W. Little A.D. (1997). The effect of weight training volume on hormonal output and muscular size and function. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 11 (1), 148–154.
- Buckner, S.L. Mouser, J.G. Dankel, S.J. Jessee, M.B. Mattocks, K.T. Loenneke, J.P. (2017). The general adaptation syndrome: potential misapplications to resistance exercise. *Journal of science and medicine in sport*. 20, 1015-1017.
- Peñaherrera, C. Soria, J. (2015). Pregunta de investigación y estrategia PICOT. *Revista medicina*, 1 (19), 66-69.