

**FACULTAD DE EDUCACIÓN Y DEPORTE**  
**Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte**  
Curso: 2021-2022

**Ganancias de masa muscular en deportes HIFT**

Revisión sistemática

AUTOR/A: Mikel Soto Goyenaga

DIRECTOR/A: Javier Orbañanos Palacios

Fecha, XX de XXXX de 20XX

## Índice

<b>Resumen</b> .....	3
<b>Introducción</b> .....	4
<b>Entrenamiento de fuerza e hipertrofia</b> .....	7
<b>Variables del entrenamiento</b> .....	9
<b>Intensidad</b> .....	9
<b>Volumen de entrenamiento</b> .....	13
<b>Frecuencia de entrenamiento</b> .....	14
<b>Factores clave de la hipertrofia</b> .....	15
<b>Fisiología del entrenamiento</b> .....	18
<b>Objetivo</b> .....	20
<b>Metodología</b> .....	20
<b>Criterios de inclusión y exclusión</b> .....	20
<b>Resultados</b> .....	22
<b>Discusión</b> .....	25
<b>Conclusión</b> .....	29
<b>Bibliografía</b> .....	30

## Resumen

En los principios básicos del Entrenamiento Funcional de Alta Intensidad (High Intensity Functional Training o HIFT) se busca una mejora de la condición física en la que se pueden incluir capacidades como la fuerza, resistencia, flexibilidad, etc. Entre estas mejoras se incluye el desarrollo de la masa muscular y mejora de composición corporal, algo ansiado por cualquiera que quiera mejorar su rendimiento y estética. Este trabajo trata de responder a esta cuestión, analizando distintos estudios con protocolos relacionados con esta metodología de entrenamiento. Se realizó una búsqueda en dos bases de datos distintas (Pubmed y Scopus), tras la cual 5 artículos que reportaron resultados fueron seleccionados y analizados. Se encontraron resultados positivos en 4 de ellos, dando a entender que el entrenamiento HIFT de estos estudios, el cual cumplía varios de los requisitos que se plantean como fundamentales para la ganancia de masa muscular, puede dar pie a la idea de que esta disciplina potencialmente podría servir a este propósito, más allá de no ser la manera más eficiente de conseguir resultados por las interferencias negativas que pueden aparecer en el entrenamiento por su variedad de disciplinas. De todas formas, más investigación en este campo es necesaria para confirmar esta hipótesis y estudios que regulen y monitoricen todas las variables (entrenamiento, descanso y nutrición) serias más adecuados.

**Palabras claves:** HIFT, CrossFit, hipertrofia, composición corporal

## Introducción

Es más que evidente que el ámbito del fitness y la salud crece a pasos agigantados, con nuevos aficionados que se unen a un estilo de vida relacionado con la actividad física y sus beneficios día a día. Esto a su vez conlleva una amplitud de miras sobre la manera de realizar estas actividades, dando pie a la creación de distintas metodologías y formas de entender el concepto de fitness.

En un sondeo realizado en 2016 por la Universidad Americana de la Medicina Deportiva (ACSM), encontró entre estas tendencias, que las metodologías relacionadas con el ejercicio en alta intensidad estaban liderando la industria del fitness (Haddock, 2017). Entre estas tendencias podemos encontrar la metodología de entrenamiento HIFT (High Intensity Functional Training) y HIIT (High Intensity Intervalic Training). El método HIIT es muy conocido y ha sido estudiado por sus múltiples beneficios, que trata de conseguir un estímulo muy alto con niveles de intensidad supra máximos en un periodo de tiempo muy reducido, promoviendo una mejora de la potencia aeróbica y capacidad anaeróbica, consiguiendo mejoras en el rendimiento de los practicantes (Della et al., 2017; Neto & Kennedy, 2019; Feito et al, 2018)

En cambio, aunque el HIIT ha sido una estrategia estudiada en repetidas ocasiones, sabemos mucho menos sobre el HIFT, que, aunque viera la luz en la década de los 2000, no se ha dado a conocer hasta hace relativamente poco, volviéndose muy fácilmente reconocible por la marca CrossFit (Crawford et al. 2018; Glassman, 2020; Mangine et al., 2020). El HIFT, enfatiza movimientos funcionales o también conocidos como “foundationals” (del día a día), combinados con elementos aeróbicos y de fuerza (Cosgrove et al.,2019). Este nuevo modelo de fitness busca diseñar sus entrenamientos no solo para abordar múltiples cualidades a la vez, si no que, mediante su variabilidad constante, potencialmente preparar a los atletas para cualquier situación física y mental, en un ambiente constantemente cambiante (Haddock K. et al., 2017).

Otra oportunidad que nos presenta esta metodología es que requiere de una inversión menor de tiempo que los entrenamientos aeróbicos o de fuerza tradicionales (Mith et al., 2013; Mangine et al., 2020; Kapsis et al., 2022). El HIFT puede ser modificado a cualquier nivel de fitness y supone un mayor reclutamiento muscular que los ejercicios repetitivos aeróbicos, mejorando a su vez, la resistencia cardiovascular, fuerza y flexibilidad (Feito et al, 2018; Crawford et al., 2018; Cosgrove et al., 2019)

CrossFit, como marca, decidió diseñar los principios de sus sesiones de entrenamiento desde el comienzo hasta hoy en día, en torno a 3 modalidades: Halterofilia (W), acondicionamiento metabólico (M) y movimientos gimnásticos (G). Estas 3 modalidades habitúan a ser usadas de forma aislado o en múltiples combinaciones. Los movimientos de halterofilia y gimnasia son ejercicios que usan una carga externa o el peso corporal para ser ejecutados, con tal de desarrollar una fuerza relativa o absoluta. Por otro lado, el acondicionamiento metabólico se efectúa mediante acciones aeróbicas o anaeróbicas, que buscan una mejora en la resistencia cardiovascular de los sujetos (Cosgrove et al, 2019; Schlegel, 2020). Todas las combinaciones se realizan con estas 3 piezas: W, MW, GMW, etc. El HIFT puede ser considerada una de las modalidades deportivas más completas, ya que quiere el dominio de todos los condicionantes físicos (Gomes et al.,2020).

Una sesión común de HIFT, consta de 3 partes muy diferenciadas: Un calentamiento, una parte principal (donde se introducen los elementos mencionados previamente) y una vuelta a la calma. La parte principal suele contar con una primera parte más enfocada a la fuerza y una segunda parte en la que se suelen combinar los principios WGM (Glassman, 2020). Todos estos elementos y combinaciones completan el sistema WOD. Los WOD (Workout of the day) son las combinaciones de ejercicios que se proponen para cada día de entrenamiento. El WOD muchas veces suele ser la única parte de la sesión que se realiza, incluyendo dentro de estas piezas de fuerza mas pura, combinadas con otros elementos (Schlegel, 2020). Estas sesiones varían entre sí, buscando distintos estímulos, tratando de mejorar el fitness de los usuarios y suelen tener una duración de entre 5-30 minutos, dependiendo del modelo y del sujeto que va a realizarlos. Normalmente, los entrenadores los prescriben de esta manera, como estrategia para ser eficientes a nivel de tiempo y promover una estrés metabólico importante en los sujetos, mientras que su resistencia muscular y fuerza se ven también desafiadas (Crowley et al., 2018), consiguiendo una adherencia mayor

Como definición del HIFT Feito propuso lo siguiente en 2018: “Un estilo o programa de entrenamiento que incorpora una variedad de movimientos funcionales, ejecutados a alta intensidad (en relación a la habilidad del sujeto), diseñados para mejorar los parámetros de fitness general (Resistencia cardiovascular, fuerza, composición corporal, flexibilidad, etc.) y su rendimiento (agilidad, potencia, velocidad y fuerza)” (Feito, 2018)

Para sintetizar, visto todo lo anterior se puede determinar que el entrenamiento HIFT o CrossFit como marca, tienen el gran beneficio de poder entrenar distintos

sistemas en el cuerpo en una sola sesión, con el potencial de aumentar nuestra potencia aeróbica y capacidad anaeróbica, fuerza y flexibilidad, así como, en múltiples casos consiguiendo, una recomposición corporal (Crawford et al., 2018; Heinrich et al., 2014). Esta metodología de entrenamiento de reciente creación, que cae por naturaleza dentro de la categoría de entrenamiento concurrente, aunque en muchas de sus sesiones no se separe el trabajo de fuerza y de resistencia. (Schlegel, 2020)

## **Entrenamiento de fuerza e hipertrofia**

Entre estas variables, podemos observar las relacionadas con la capacidad física de la fuerza y sus múltiples expresiones, uno de los elementos más determinantes del rendimiento deportivo. El entrenamiento de fuerza induce mejoras significativas en fuerza y potencia, que conlleva un mejor rendimiento atlético. Así mismo, ayuda a la mejora de la salud y longevidad, algo de interés general. Finalmente, produce un aumento de la fuerza muscular, resistencia y tamaño de esta, a la vez que se observan mejoras en la composición corporal, aumentando la hipertrofia muscular y reduciendo la masa grasa, que está relacionado con los dos puntos anteriores. (Feito et al., 2018; Krzysztofik et al., 2019; Wackerhage et al., 2021; Kapsis et al., 2022; Schoenfeld et al., 2021)

La hipertrofia muscular se define como un crecimiento del tejido muscular, el cual se puede manifestar en una variedad de adaptaciones ultraestructurales (Schoenfeld et al., 2021). La hipertrofia muscular y su aumento es un interés común, no solo por la gran estética que aporta al sujeto, dado que aporta una imagen de ser un individuo fuerte y atlético, también por su importancia en la salud, ya que se ha visto que una mayor masa muscular reduce considerablemente todas las causas de mortalidad (Krzysztofik et al., 2019; Ben-Zeev & Okun, 2021).

Mayoritariamente, la hipertrofia muscular es inducida por el ejercicio físico tradicional de fuerza (Damas et al., 2016). Esta sucede por un aumento de sarcómeros y miofibrillas añadidas en paralelo. Cuando el músculo esquelético recibe un estímulo de carga de trabajo, causa una perturbación en estas miofibrillas y la matriz extracelular relacionada con esta. Esto libera una cadena de eventos miogénicos que acaban en un incremento de tamaño y cantidad de proteínas contráctiles (actina y miosina miofibrilares) y el número de sarcómeros en paralelo. Esto aumenta el diámetro de cada fibra y a su vez, un incremento en el área diagonal muscular. Esta adaptación suele depender del trasfondo genético, edad, género y otros factores, con lo que no todas las personas obtendrán las mismas ganancias, ya que es algo muy individual. (Schoenfeld, 2010).

Conviene destacar que el músculo humano posee 3 tipos de fibras musculares: Las fibras tipo I, conocidas como lentas o rojas, las fibras tipo IIa y tipo IIb o blancas, respectivamente. Las fibras tipo I o lentas, tienden a activarse cuando realizamos un ejercicio aeróbico, de intensidad media y duración larga. En cambio, las fibras tipo IIb,

se activan al ejecutar esfuerzos anaeróbicos, es decir, de alta intensidad y corta duración. (González, 2014). Ahora que sabemos esto, Schoenfeld, en un estudio publicado en el año 2015, mencionaba que las fibras musculares tipo II suelen tener una capacidad de hipertrofia mayor que las de tipo I. Con lo que, las fibras anaeróbicas y respondedoras a esfuerzos mas intensos, tienen una tendencia mayor al crecimiento.

Otro factor determinante en las ganancias de masa muscular serían las CS musculares o también conocidas como células satélites, ya que se cree que estas facilitan la hipertrofia tras ser activadas por un estímulo mecánico (Schoenfeld, 2010). Estas células, normalmente es un estado de reposo, se activan en respuesta al ejercicio físico o en algunos casos, lesiones. Las CS musculares, proliferan y pasan por un proceso de diferenciación de mioblastos. Estos mioblastos, se diferenciarán y fusionarán con miofibrillas ya existentes. Sin embargo, estas células son capaces de fusionarse para crear nuevas miofibrillas, resultando las dos situaciones en una hipotrofia o regeneración, en caso de lesión, del musculo esquelético. Estas CS están consideradas como un eje en la hipertrofia muscular asociada al ejercicio con humanos (Ohno et al., 2019). De todas formas, este es un tema de controversial, ya que hace falta más investigación al respecto, con lo que simplemente lo mencionaremos en este apartado del trabajo.

Finalmente, la mejora de la composición corporal se da principalmente cuando hay hipertrofia muscular, por un lado, y pérdida de grasa por otro. Este proceso puede ser complicado, ya que, para las ganancias de masa muscular, la primera variable a tener en cuenta es que tiene que haber un balance proteico neto positivo, lo que quiere decir que el ratio de síntesis proteica muscular (MPS) tiene que ser superior a la degradación proteica muscular (MPB) (Burd, Tang, Moore & Phillips, 2009).

El entrenamiento HIFT, como se ha mencionado anteriormente, puede llegar a producir cambios en la composición corporal (Mith et al., 2013; Fernández et al., 2015; Haddock K. et al., 2017). Esto significa que podría dar pie a ganancias de masa muscular, elemento característico del entrenamiento de fuerza, aunque combine otro elemento que a priori seria opuesto, el entrenamiento de resistencia cardiovascular. De hecho, algunas investigaciones realizadas en protocolos de entrenamiento concurrente, apoya que el entrenamiento de resistencia tradicional, que incluye un trabajo extensivo de resistencia cardiovascular, crea un efecto de interferencia entre el entrenamiento de resistencia y las ganancias de hipertrofia y fuerza que induce el entrenamiento de fuerza



(Coffey & Hawley, 2017), elemento clave del HIFT, creando la incógnita de si es posible la hipertrofia.

Para vislumbrar un poco el camino, se tratarán ahora varios componentes que conforman los factores y principios del entrenamiento.

### **Variables del entrenamiento**

Teniendo en cuenta que las adaptaciones musculares no suceden de la nada, es necesario un programa de entrenamiento para que sean posibles y sucedan. Un programa de entrenamiento adecuado que busque maximizar las ganancias de masa muscular deberá cumplir obligatoriamente con los tres principios fundamentales del entrenamiento: Especificidad, Variedad y Sobrecarga Progresiva (ACSM, 2009). Para cumplir este objetivo, será de vital importancia manipular y controlar correctamente todas las variables, ya sean cuantitativas (intensidad, volumen, frecuencia de entrenamiento y tiempos de descanso) y cualitativas (orden y selección de ejercicios) del entrenamiento de fuerza, modificando y aumentando gradualmente la dificultad del entrenamiento jugando con una o varias de las variables, a fin de asegurar que el entrenamiento continúe siendo considerado un reto y resulte efectivo a lo largo del tiempo (Schoenfeld, 2010; Krzysztofik et al., 2019).

En este trabajo se hablará principalmente de las variables del volumen e intensidad.

### **Intensidad**

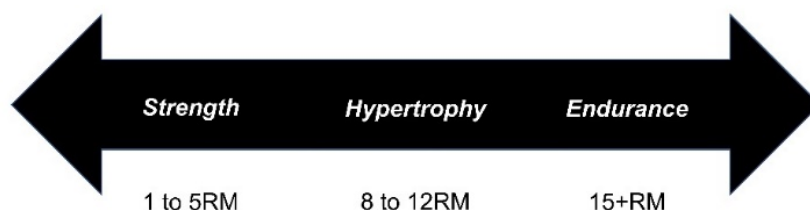
La intensidad en el entrenamiento de fuerza, se refiere a la magnitud del esfuerzo que requiere una unidad de acción para su realización, ya sea un entrenamiento, una serie o una repetición (ACSM, 2009). Es preciso señalar, que entre todas las variables del entrenamiento la intensidad tiene un gran impacto en la hipertrofia muscular y es probablemente la variable clave en la estimulación para la ganancia de masa muscular (Schoenfeld, 2010). La intensidad puede ser o bien absoluta, o bien relativa.

La intensidad absoluta demuestra la carga utilizada para la ejecución de un ejercicio. Puede ser medida por el peso en kg, como el porcentaje que esta carga supone sobre la carga máxima que seríamos capaces de mover (1%RM) o como el número de repeticiones que seríamos capaces de ejecutar con una carga concreta

(xRM) (Helms et al., 2016; Schoenfeld et al.,2021). La intensidad relativa, en cambio, se refiere a la relación entre lo que se ha sido capaz de llevar a cabo y lo realizable, al carácter del esfuerzo percibido y se puede medir a través de escalas como el RPE (del inglés Rating of Perceived Exertion) o las repeticiones que dejamos sin hacer antes de llegar al fallo o recámara, también conocido como RIR (del inglés Repetitions In Reserve) (Helms et al., 2016)

En el caso del HIFT, al ser una disciplina tan compleja de cuantificar por su amplio espectro de estímulos, la intensidad absoluta solo se suele usar al cuantificar en torno a los movimientos de halterofilia, si las sesiones de fuerza y WODs estan separadas. En cambio, la intensidad relativa en atletas avanzados sí que se monitoriza, mediante la escala RPE, dándole un valor a la sesión al completo, sin diseccionar su contenido (Tibana et al., 2019)

A fin de comprender que cargas debemos utilizar para maximizar nuestro rendimiento, en un meta-análisis con revisión sistemática realizada por Schoenfeld et al. (2021), este teoriza que la magnitud de la carga o la cantidad de peso que un atleta levanta en una serie, debería ser considerada como una de las variables más importantes. En este punto entraría lo que Schoenfeld menciona en su artículo, el termino de “Continuum de repeticiones” (figura 1.), también conocido como “continuum de fuerza-resistencia” o “Continuum de hipertrofia”.



**Figura 1:** Esquema del “continuum de repeticiones”, proponiendo que las distintas adaptaciones musculares se obtienen en forma de cargas con respecto al RM. Imagen extraída de Schoenfeld et al. (2021)

Este continuum defiende la idea de que, dependiendo de cuantas repeticiones de nuestra repetición máxima o de forma mas sencilla, de que porcentaje respecto a

nuestro RM usemos en nuestros entrenamientos, variando la carga de estos, nuestras adaptaciones musculares se verán influenciadas hacia una especificidad mayor en la fuerza, hipertrofia o resistencia. El respaldo al “continuum de repeticiones” derivad e un trabajo realizado por Delorme en 1945, en el que se proponía que las cargas altas en ejercicios de fuerza aumentarían la potencia y fuerza de este, mientras que las cargas de intensidad menor o bajas, mejoran la resistencia muscular. Solo que determinaba que los beneficios de unas cargas, no podrían proporcionarlo una carga distinta, siendo independientes unas de otras. Cuanto mayor sea la carga de nuestra serie, mas cerca de nuestro RM, mayores serán las adaptaciones de fuerza.

Múltiples autores respaldan esta idea, pero no al completo. Es verdad que la carga tiene una gran importancia en la capacidad muscular a desarrollar y que si se quiere maximizar el rendimiento de una cualidad se ha de trabajar con la carga que mas se adecua a esta, teniendo una gran dependencia con respecto a esta. Pero se ha observado que aun no siendo lo mas optimo, bien por la inversión de tiempo y esfuerzo que supone, se pueden obtener mejoras trabajando con cargas distintas a las recomendadas para las distintas variantes de la fuerza (Lopez et al., 2021; Schoenfeld et al., 2021), facilitando un mínimo de flexibilidad y variación del entrenamiento, pudiendo romper un poco con la monotonía de trabajar siempre con las mismas cargas, a costa de un rendimiento y ganancia sustancialmente menor.

El entrenamiento para las ganancias de masa muscular en el “continuum de repeticiones” (figura 1) corresponde a la zona media del gráfico, que recomienda el entrenamiento con series que se muevan en torno a 8RM-12RM. Esta zona media esta comúnmente denominada por la mayoría del mundo deportivo como la “zona de hipertrofia”. Este concepto de la “zona de hipertrofia” es consistente con la evidencia anecdótica de que los usuarios que realizan entrenamiento de fuerza con la intención de maximizar las ganancias de masa muscular, conocidos como bodybuilders, generalmente ejecutan sus series y sesiones en este rango de cargas moderadas. (Schoenfeld et al., 2021). El entrenamiento con el 70–80% del 1-RM conlleva un efecto superior en la coordinación intramuscular y mayor hipertrofia especifica comparado con las cargas bajas. (Kapsis, 2022)

No obstante, como ya se ha visto previamente, la literatura indica que el crecimiento muscular no está solo vinculado al rango de 8-12RM, ya que puede ser conseguido a través de múltiples espectros de rangos de carga. De hecho, se ha podido observar que simplemente con una intensidad bastante lejana a la repetición máxima,

simplemente con un 30% del 1RM, es suficiente para conseguir una respuesta hipertrófica máxima (Wackerhage et al., 2021). Estos hallazgos son independientes de la edad y el estado de entrenamiento del sujeto. Con lo que, se podría decir que no existe una única zona para conseguir las adaptaciones que se desean. Aun así, varios estudios (Schoenfeld, 2010; Schoenfeld et al., 2021; Kapsis, 2022; Wackerhage et al., 2021) sugieren que la carga más eficiente para maximizar la hipertrofia muscular está entre un 60-80% de la repetición máxima ejecutada en múltiples series de un rango moderado de 8-12 repeticiones. (Schoenfeld, 2010).

Aunque todavía sea necesaria más investigación en este campo hace falta evidencia y mayor investigación en este aspecto, algunos estudios sugieren que la magnitud de la carga que utilizemos también influye el tipo de fibras que se vayan a reclutar durante el entrenamiento. El entrenamiento con cargas ligeras podría inducir una mayor hipertrofia de las fibras musculares tipo I mientras que el entrenamiento pesado podría inducir una mayor hipertrofia de las fibras musculares tipo II (Vinogradova et al., 2013)

De todas formas, para conseguir hipertrofia muscular, la intensidad deber ser submáxima, con un carácter del esfuerzo elevado, pudiendo llegar al fallo muscular en algunas de las repeticiones que se ejecuten durante las sesiones (Kapsis et al., 2022). Un nivel de esfuerzo alto con cargas bajas llegando casi al fallo, supone una respuesta de la MPS muy similar al entrenamiento con cargas altas (Schoenfeld et al., 2021). Todavía no hay estudios que puedan afirmar el número exacto, pero se recomienda entrenar con 3 o 4 repeticiones en recámara para maximizar las ganancias de masa muscular (Baz-Valle et al., 2021).

En último lugar, desde un punto de vista práctico, se recomienda realizar entrenamientos con cargas moderadas si se busca el mayor estímulo hipertrófico, ya que serían las que proporcionan un estímulo más eficiente, puesto que las cargas bajas suponen un mayor número de repeticiones, aumentando el tiempo del entrenamiento. Además, los altos niveles de acidosis metabólica que supone este tipo de entrenamiento tienden a causar disconfort, creando un impacto de adherencia negativo. Alternativamente, la evidencia sugiere que las cargas altas suponen más series para conseguir ese estímulo hipertrófico que buscamos. No solo es menos eficiente, si no que la combinación de cargas altas con volúmenes altos puede añadir un estrés mayor a las articulaciones y aumentar el potencial de sobre entrenamiento. La opción más

recomendable sería una combinación de los distintos rangos de cargas. (Schoenfeld et al., 2021)

### **Volumen de entrenamiento**

El volumen de entrenamiento, en el entrenamiento de fuerza, consiste en una suma del número total de repeticiones o series ejecutadas durante una sesión por un/una atleta durante un periodo de tiempo determinado multiplicada por la resistencia o carga usada (kg) y es un indicativo del estrés que soportan los músculos. (ACSM, 2009). Esta variable es de gran importante en la hipertrofia muscular (Schoenfeld et al., 2021), con una relación lineal establecida de dosis-respuesta. Una serie está definida por el número de repeticiones ejecutadas consecutivamente sin descanso (Schoenfeld, 2010)

Se ha demostrado que el volumen de entrenamiento afecta a las respuestas hormonales, metabólicas e hipertróficas y a las adaptaciones al entrenamiento (ACSM, 2009). Protocolos con un volumen alto y múltiples series resulta en estímulos superiores a los protocolos de una única serie respecto al incremento de la masa muscular (Schoenfeld, 2010).

Cabe señalar que los resultados obtenidos por la evidencia científica respaldan la teoría de que las combinaciones de las variables de la intensidad, con cargas altas, y la variable del volumen, en cantidades altas, pueden ser efectivas para incrementar la respuesta hipertrófica, aunque se desconoce si el reclutamiento de las unidades motoras es igual en todas las zonas (Schoenfeld et al., 2021). Aunque esto puede no ser lo ideal, ya que puede resultar insostenible en muchos casos mantener estos niveles altos de las variables, resultando en consecuencias negativas.

Es esencial ser consciente del estatus de entrenamiento de un atleta y ser capaz de ajustar el volumen a sus necesidades, ya que ni todos los atletas, ni todos los grupos musculares son capaces de soportar los mismos volúmenes de entrenamiento. Esto dependerá de la arquitectura de estos y las veces que se hayan entrenado en los últimos días (ACSM ,2009).

De forma semejante, en el HIFT puede suceder lo mismo. A pesar de que se practica a muchos niveles distintos y es ampliamente utilizado, no hay mucha evidencia en cuanto a la monitorización de volúmenes de trabajo. Con lo que, si a esto se le suman las altas intensidades que se manejan en este deporte, una aplicación de carga

inapropiada puede resultar en dos situaciones comunes. La primero sería una carga insuficiente que no traerá ningún tipo de adaptación fisiológica y segundo, cargas excesivas, que resultaran en adaptaciones negativas, que pueden incluir el sobreentrenamiento y super compensaciones no-funcionales (Tibana et al., 2019). Con lo que un control de las variables como el volumen de entrenamiento son de gran importancia para maximizar cualquier adaptación que busquemos.

Glassman (2020), creador de CrossFit, en su guía de entrenamiento comenta que a veces es mejor una reducción del volumen de entrenamiento, ya que en este deporte lo verdaderamente importante es ser capaz de manejar la alta intensidad con la que se ejecutan los entrenamientos. Esta reducción, puede ayudar a mejorar ciertos aspectos fisiológicos que nuestro cuerpo no está preparado para soportar en ese momento. En definitiva, se puede determinar que volumen también juega una parte muy importante en este deporte tan joven, pero la prioridad se la lleva la intensidad.

### **Frecuencia de entrenamiento**

En el entrenamiento una variable muy importante es la frecuencia de entrenamiento. Esta consiste en el número de veces que se ha practicado un movimiento o se ha realizado un tipo de entrenamiento en un período de tiempo determinado y desde el punto de vista de la hipertrofia, es de gran importancia la cantidad de veces que se ha entrenado cada grupo muscular a la semana (Schoenfeld, Grgic y Krieger, 2019).

Mayores frecuencias de entrenamiento, pueden ayudar a acumular un mayor volumen de entrenamiento, pudiendo resultar en una mayor respuesta hipertrófica. Aunque en el meta análisis realizado por Schoenfeld, Grgic y Krieger (2019) se determinó que la frecuencia de entrenamiento no era un factor decisivo para la hipertrofia muscular siempre que el volumen de entrenamiento semanal estuviera igualado. En cambio, cuando este no lo estaba, las frecuencias más altas de entrenamiento, acumulando mayor volumen, favorecían un mayor desarrollo muscular a largo plazo. Pero este aumento de frecuencia solo será necesario en personas experimentadas.

Debido a que el volumen en personas experimentadas debe de ser mayor, un aspecto clave a la hora de planificar el entrenamiento, si seguimos una metodología concurrente y queremos reducir las interferencias, debe de ser el control de la frecuencia. Sumado a esto, aumentar la frecuencia de entrenamiento, tanto en los

entrenamientos de fuerza como en los de resistencia aeróbica, puede ser una herramienta muy útil para mantener un volumen suficientemente alto para crear adaptaciones de hipertrofia, minimizando las posibles interferencias y posteriores pérdidas (Murach & Bagley, 2016).

### **Factores clave de la hipertrofia**

Se considera que hay 3 factores que son clave en dar inicio a la respuesta hipertrofica en el entrenamiento de fuerza: Tensión mecánica, daño muscular y estrés metabólico. (Schoenfeld, 2010; Krzysztofik et al., 2019).

La tensión mecánica se considera la más importante de ellas para la hipertrofia (Wackerhage et al., 2021) y esta consiste en una tensión generada por el músculo esquelético, que se crea por la contracción y elongación que sucede en las fibras de este. Este proceso, puede llegar a perturbar la integridad del músculo esquelético, la cual podría perturbar la integridad del músculo esquelético e inducir una cascada de eventos moleculares a través de la mecano-transducción, involucrando citoquinas, factores de crecimiento, canales activados por estiramiento y complejos de adhesión focal, que desembocarían en adaptaciones miofibrilares y de las células satélite (que hemos comentado anteriormente). Además, la sobrecarga mecánica incrementa la masa muscular mientras disminuye la atrofia. Este proceso está controlado en su mayoría por la síntesis de proteína durante el comienzo de la traducción, teniendo que ser tener este un balance positivo (Schoenfeld, 2010).

A pesar de que la tensión mecánica por sí sola puede producir la hipertrofia muscular, es improbable que sea la única responsable de las ganancias hipertroficas asociadas al ejercicio. De hecho, algunas rutinas de fuerza emplean grados elevados de tensión muscular con adaptaciones neurales importantes, pero sin hipertrofia. (Schoenfeld, 2010) Por ejemplo los protocolos de fuerza en el powerlifting o en la halterofilia usan cargas altas (>85% 1RM), y un número bajo de repeticiones (1-5) y descansos entre series largos (~3-5 min) están orientados a una magnitud mayor de tensión mecánica, que desarrolla principalmente la fuerza con altos niveles de reclutamiento neural (las fibras rápidas o fibras tipo II), mientras que las ganancias hipertrofia muscular se ve comprometida. (Krzysztofik et al., 2019)

El daño muscular, es un proceso fisiológico que aparece cuando se somete a un sujeto a un estímulo que no está acostumbrado, produciéndose así cambios directos

ultraestructurales e indirectamente por índices de capacidad, como pérdida de fuerza muscular, aumento de dolencia en las estructuras musculares y liberación de CK en la sangre (Damas et al., 2016). Tras el daño muscular inicial, mecanismos para el crecimiento se desencadenan, produciendo un aumento de la síntesis de proteína para tratar de solucionar ese tejido dañado (Mackey et al., 2011).

Otro punto importante relacionado con el daño muscular es que se cree que puede ser el origen de varios factores de crecimiento, entre ellos el de proliferación y diferenciación de las células satélite, ya que se activan cuando hay un estímulo mecánico y este estímulo es necesaria para que se produzca el daño muscular (Toigo & Boutellier, 2006). Damas et al. En 2016 propuso que la hipertrofia muscular era el resultado acumulado de incrementos en la MyoPS (síntesis de proteínas miofibrilar), solamente tras la atenuación del daño muscular, dando a entender que si este es excesivo no se producirá este efecto y podría ralentizar las ganancias de masa muscular. De todas formas, es necesaria mayor investigación en este campo para poder realizar afirmaciones rotundas.

Finalmente, debemos hablar del estrés metabólico. El estrés metabólico puede ser definido como los cambios que suceden en la energía de un metabolismo y los metabolitos, que tiende a suceder durante un estado de trastoque en la homeostasis de una contracción muscular. Estas contracciones no estables son contracciones donde no todo el ATP que se hidroliza puede ser resintetizado por vía de la fosforilación oxidativa, por si misma. Como consecuencia, las concentraciones de PC irán descendiendo mientras se siga creando ATP, resultando en mayores concentraciones de lactato y un nivel cada vez menos de PH (Wackerhage et al., 2021).

Un entrenamiento al fallo parece proporcionar un estrés metabólico alto, pudiendo potenciar una respuesta hipertrófica (Schoenfeld, 2010). Esto puede suceder porque durante una contracción, las fibras musculares se fatigan, creando cambios en las concentraciones de metabolitos. Estos cambios, crean la necesidad de reclutar fibras adicionales para mantener una producción de fuerza, siendo expuestas al estímulo que puede resultar en hipertrofia. Por consiguiente, se puede teorizar que el estrés metabólico es mayor en cargas subóptimas para la hipertrofia (10 repes  $\pm$ ), ya que con cargas bajas aun estando en fatiga, se es capaz de levantar la carga, mientras que con cargas altas seríamos incapaces (Wackerhage et al., 2021).



Considerando los estudios que se han mencionado y según autores como Krzysztofik et al (2019), se puede determinar que, en un entrenamiento orientado a la hipertrofia, debería comprender de una combinación de tensión mecánica y estrés metabólico. Aunque podría llegar a existir una “combinación perfecta” donde las tres claves interactúen sinérgicamente para maximizar la respuesta hipertrófica (Wackerhage et al., 2021). Hace falta mayor investigación para confirmar esto.

## Fisiología del entrenamiento

Independientemente del tipo de entrenamiento, este produce una respuesta fisiológica. El entrenamiento de fuerza acelera la liberación de hormonas como la testosterona, o su antagonista, el cortisol. La testosterona es una hormona anabólica derivada del colesterol, que es capaz de liderar la activación de procesos importantes de transcripción, translación, enzimas señalizadoras y proteínas estructurales. Niveles altos de esta hormona pueden ser importantes para las ganancias bien de fuerza, bien de hipertrofia (Mangine et al., 2018). A pesar de que los efectos de la testosterona en el musculo se ven aun con la ausencia de ejercicio, sus acciones se magnifican con la carga mecánica, aumentando el anabolismo e incrementando tanto la síntesis de proteína como la inhibición y la descomposición de estas proteínas tan necesarias para la hipertrofia (Schoenfeld, 2010)

Asimismo, los ejercicios multiarticulares que involucran muchos músculos o grupos musculares, tienen un impacto importante en la respuesta hormonal al entrenamiento. Específicamente, la magnitud de elevación hormonal que sucede tras el entrenamiento, ha demostrado tener una gran relación con la masa muscular que se ha utilizado en este, con ejercicios multiarticulares produciendo un incremento en niveles de T y GH, comparados con ejercicios mono articulares (Schoenfeld, 2010).

Programas de entrenamiento “bodybuilding” (Entrenamiento destinado a las ganancias de masa muscular) de alto volumen que generan una actividad glucolítica significativa, han facilitado datos de una elevación aguda de la testosterona en comparación con otros programas que utilizaban un volumen de entrenamiento menor (Schoenfeld, 2010). Visto esto, se puede teorizar que más volumen, conlleva mejores resultados, aunque esto no es del todo cierto. Este mayor volumen, también supone un mayor estrés y es posible que se secreten hormonas como el Cortisol, hormona relacionada con el proceso de catabolización, que en altas cantidades puede suponer resultados negativos para la salud, saturando múltiples receptores en el proceso de reparación y respuestas inmunes. Estos valores, con volúmenes altos e intensidades altas, son mayores. (Gomes et al., 2020)

Otro elemento fisiológico relacionado con el entrenamiento de fuerza en altas intensidades es el metabolito conocido como lactato. El lactato es un biomarcador clave en el estrés metabólico y uno de metabolitos más estudiados (Wackerhage et al., 2021). Para que suceda una contracción muscular, son necesarios varios procesos internos

distintos, en los que la energía es vital. Esta energía que se utiliza se consigue al romper la molécula ATP (adenosina trifosfato) (Gastin, 2001). Hay distintas maneras de conseguir este ATP, pero el lactato aparece mayoritariamente cuando la molécula de piruvato creada en la glucólisis, se fermenta por la vía anaeróbica, convirtiéndose en lactato (Pérez Prieto et al., 2014). Por lo que se sabe, el órgano principal del metabolismo de lactato, es el músculo esquelético, tanto como creador de este, como consumidor (Martín Morell et al., 2007).

Al realizar ejercicio físico, cuanto mayor sea la carga del ejercicio o entrenamiento, mayor cantidad de ATP será hidrolizado por segundo, dando pie a modificaciones más rápidas en los niveles de lactato, PCr y el pH. Se ha observado que esta subida en los niveles de lactato tiene efectos beneficiosos, tanto en el área fisiológica como patológica (Proia et al., 2016; Wackerhage et al., 2021). Esta modificación y creación sucede por la contracción muscular (Ohno et al., 2019). El estrés metabólico está muy relacionado con el lactato, ya que se manifiesta al realizar ejercicios, como se ha comentado anteriormente, que se enfocan en una glucólisis anaeróbica para la producción de ATP y un aumento del nivel de metabolitos, entre los que se encuentra el lactato, en sangre e intramuscular, ha sido demostrado que produce un gran impacto en los procesos anabólicos (Schoenfeld, 2010)

Sumado a esto, el lactato extracelular se reabsorbe por el músculo esquelético para ser utilizado como fuente de energía (Ohno et al., 2019) y este puede dar inicio a eventos de señalización a través de los receptores dirigidos a la membrana en el músculo esquelético, creando una posible respuesta anabólica. (Wackerhage et al., 2021). En el estudio de Ohno et al., (2019), tras revisar varios resultados publicados, hipotetizo que un aumento en los niveles de lactato extracelular, inducido generalmente por el ejercicio físico realizado a una intensidad alta, podría inducir la hipertrofia muscular, así como una regeneración del músculo dañado. Esto abre las puertas a teorías sobre si un estrés metabólico, alto con niveles de lactato elevados, supondrá una mejora de la masa muscular.

## **Objetivo**

Este trabajo pretende analizar los estudios realizados con los sistemas de entrenamiento HIFT o CrossFit (al ser más popular) y observar las mejoras en la composición corporal que producen, centrándonos en las ganancias de masa muscular y masa magra, para ser capaces de afirmar si se genera hipertrofia, sin tener en cuenta protocolos centrados en dietas combinadas con estos protocolos.

## **Metodología**

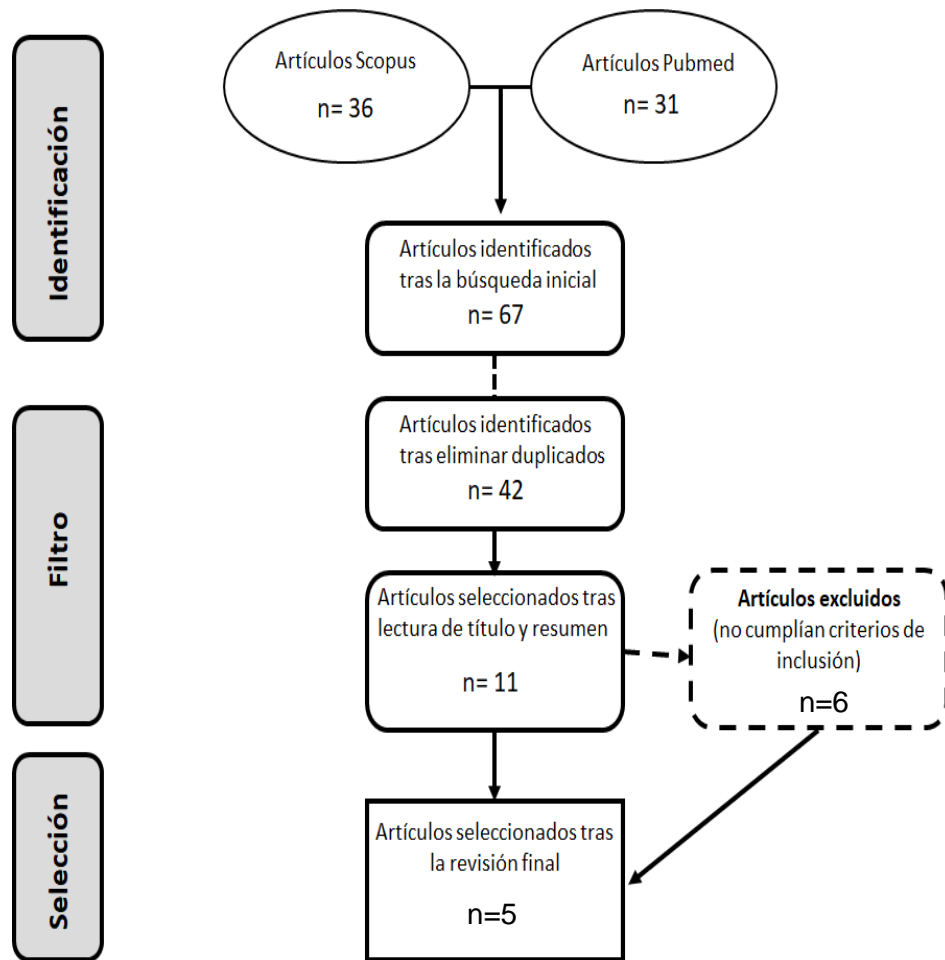
La búsqueda de la literatura científica fue llevada a cabo durante los meses de enero y febrero del año 2022 en las bases de datos de PubMed y Scopus, con la mayoría de artículos en el idioma anglosajón y español.

Los términos usados para esta búsqueda en las bases de datos, que se incluían bien en su título, bien en el “abstract” de los mismos respondía a la siguiente combinación: ((HIFT) OR (CrossFit)) AND ((Body Composition) OR (Hypertrophy))

### **Criterios de inclusión y exclusión**

Tras la búsqueda, se hizo un primer cribado, descartando aquellos que bien el resumen o el título no hiciera alusión al interés de este trabajo. Se recogieron los artículos sobrantes y descartaron aquellos en los que los sujetos de prueba eran sedentarios o no reportaban resultados con respecto a la composición corporal previa y posterior al protocolo llevado a cabo.

La búsqueda dio como resultado 67 artículos, 31 en el buscador Pubmed y 36 en el buscador Scopus. Después de la eliminación de duplicados, se redujo el número de artículos a 42. Solo 11 resultaron interesantes para la revisión final. Finalmente, se decidió que solo 5 cumplían todos los criterios de inclusión (figura 2)

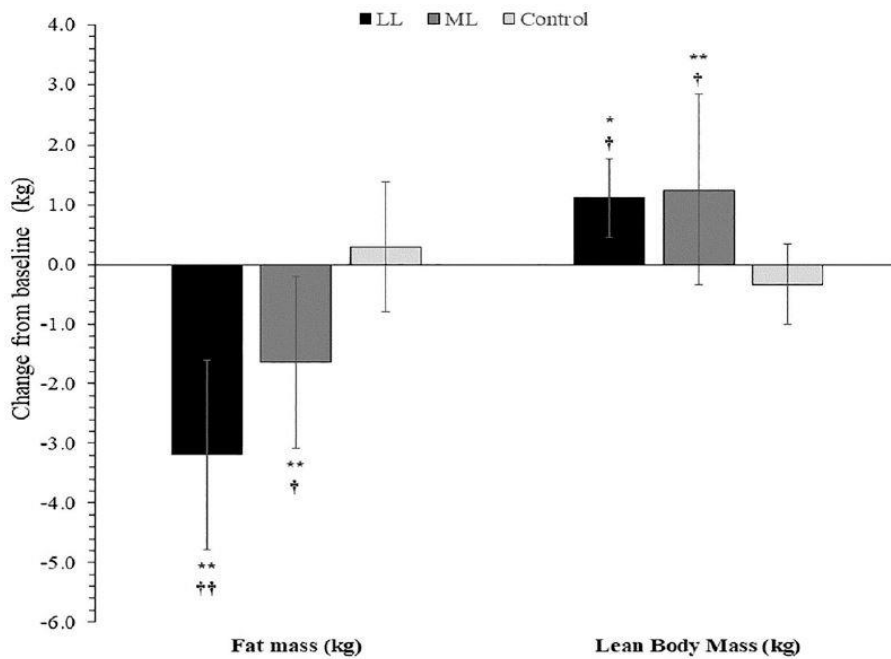


**Figura 2:** Criterios de inclusión y exclusión

## Resultados

En el estudio realizado por Choi et al. (2017) utilizó el equipamiento Inbody-720 (Biospace, Seoul, Korea) para analizar los parámetros de composición corporal (peso, masa muscular, porcentaje de grasa corporal, tasa metabólica basal e índice de masa corporal) de 22 universitarios en el laboratorio de fisiología del ejercicio de la Universidad Nacional de Korea. Los participantes fueron divididos aleatoriamente en dos grupos: Grupo control o Grupo de ejercicio CrossFit. Se tomaron muestras previas y posteriores a la intervención. El grupo CrossFit realizó un programa de Crossfit de 70 minutos de duración, dos veces por semana durante un periodo de 14 semanas, siendo un protocolo de ejercicio modificado de un estudio realizado por Bellar et al. (2015), que consistían en AMRAPs de 12 minutos y un FOR TIME de 21-15-9, modelo clásico de CrossFit, aunque no se reportaron estas modificaciones. Por otro lado, al grupo control se le pidió que no hiciera actividad física especial o regular, aparte de la actividad cotidiana durante estas 14 semanas. Tras la intervención, el grupo CrossFit reportó ganancias en masa muscular e IMC, concluyendo que 14 semanas de CrossFit supervisado podría ser beneficioso para la modificación de la hipertrofia y composición corporal.

El estudio de Kapsis et al. (2022) examinó los efectos de dos tipos distintos de cargas en un protocolo HIFT en la composición corporal y fuerza máxima. Para ello, se usaron 31 adultos sanos que realizaban ejercicios 2-3 veces semanalmente desde hace más de 2 años. Se dividieron en 3 grupos: Grupo de cargas moderadas (ML: 70% 1-RM), de carga baja (LL: 30% 1-RM) y un grupo control. Los dos grupos experimentales realizaban entrenamientos HIFT 3 veces por semana durante 12 semanas, con una carga de volumen similar y se les pidió que registrasen y siguiesen sus hábitos alimenticios, sin modificaciones. Para la toma de datos de la composición corporal se utilizó una impedancia bioeléctrica, Body Composition Analyzer (MC-780MA Tanita, Tokyo, Japan). Tras 6 semanas, solo se vieron mejoras en MCM (Masa corporal magra) en el grupo ML, aunque al transcurrir, 12 semanas de entrenamientos (un total de 36 sesiones) se vieron mejoras en el rendimiento y en la composición corporal general, reduciendo la masa grasa y aumentando la masa corporal magra, igualándola en los dos grupos, ML y LL (figura 3).



**Figura 3:** Mejoras en MCM y MG en los grupos de carga baja (LL) y de carga moderada (MD) (Kapsis et al., 2022)

En el estudio realizado por Cavedon et al. (2020) se investigó el impacto de distintas cantidades de entrenamiento en la composición corporal y rendimiento en participantes de programas CF. Los participantes, 24 en total, contaban con al menos un 1 año de experiencia en CrossFit y una media de 10 horas de entrenamiento semanales, separándose en dos grupos: 13 con más horas de entrenamiento semanales (HT) y 11 con menos horas semanales. (LT). Para medir la masa corporal se usó una escala electrónica (Tanita electronic scale BWB-800 MA) y se tomó previa a la prueba. Aparte, se tomaron muestras de lactato en sangre con un analizador portátil (Lactate Plus), 5 minutos antes de la prueba, inmediatamente después de esta y al de 15 minutos de su finalización. Se realizó un WOD “Fran” para observar el rendimiento. “Fran” sigue el esquema 21-15-9 de repeticiones, con los movimientos thruster (sentadilla frontal con un push press) con 43,4 kg y dominadas. El estudio mostro que el grupo HT rindió mejor que el grupo LT, aparte tenían una mayor densidad ósea y masa magra blanda, que medido usando un DXA, es un índice efectivo de cambios en la masa muscular esquelética (Midorikawa, 2018). El estudio concluyo que un mayor volumen de entrenamiento semanal aumentaba la masa magra e incrementaba la masa

muscular esquelética. Por otro lado, el autor no reportó diferencias significativas en el lactato en sangre entre los dos grupos, ambos en un rango de  $14.6 \pm 2.37$  mmol/L.

El artículo de Camacho-Cardenosa et al. (2020) tenía como objetivo examinar los efectos de un periodo de entrenamiento de 6 meses de CrossFit analizando los siguientes componentes: rendimiento físico, eficiencia metabólica, composición corporal y parámetros bioquímicos. Para ello, 10 sujetos varones practicantes habituales de CF, que llevaban aproximadamente un año practicando CF, dos o más días a la semana fueron utilizados en la intervención. Todos los participantes realizaron 26 semanas de entrenamiento, que incluían 10 semanas de entrenamiento general (resistencia aeróbica y fuerza basa en ejercicios de halterofilia genéricos y circuitos largos), 10 semanas de entrenamiento específico (fuerza basada en movimientos específicos de halterofilia y circuitos cortos) y 6 semanas de entrenamiento competitivo. La masa corporal fue medida con un estadiómetro portátil (Seca 213, Alemania) y el IMC con el ratio peso/altura<sup>2</sup>. Los pliegues grasos subcutáneos se midieron usando un compás de pliegues. Tras 6 meses de entrenamientos, el estudio no encontró cambios significativos en la composición corporal de los participantes.

Finalmente, en el estudio de Mangine et al. (2020) examino las diferencias hormonales, fisiológicas y antropométricas entre 8 atletas avanzados (ADV) y 8 atletas recreacionales (REC) que entrenaban CF en comparación con un grupo control de 7 atletas físicamente activo (CON). Los grupos REC y CON estaban familiarizados con el entrenamiento de fuerza y entrenaban de 3-5 días por semana desde hacía un año, solo que el grupo CON utilizaba ejercicios tradicionales de fuerza y resistencia. Todos los participantes facilitaron una muestra de sangre en ayunas y completaron una evaluación de: Tasa metabólica en reposo, composición corporal, morfología muscular, fuerza isométrica de tirón en posición de medio muslo, pico de capacidad aeróbica y un sprint maximal en biciergometro durante 3 minutos, todo esto en dos ocasiones, separadas por 3-7 días. Las mediciones musculares se realizaron con una sonda lineal a 12 MHz General Electric con ultrasonidos (LOGIQ S7 Expert, Wauwatosa, WI, USA), que formó unas imágenes que se utilizaron para medir el área de sección transversal. Se observó que el grupo ADV poseía mayor masa ósea y masa magra no ósea y mejores características morfológicas musculares, pero no se hallaron diferencias entre los grupos REC y CON. Se llegó a la conclusión de que el grupo ADV poseía ventajas fisiológicas con respecto a los dos grupos, mientras que las características fueron similares en los participantes que realizaban entrenamientos de CF o de fuerza y resistencia durante el último año.



## Discusión

El objetivo principal de este estudio era conocer si los programas de entrenamiento HIFT o CrossFit, resultan efectivos para conseguir ganancias significativas de masa muscular, consiguiendo una mejora de la composición corporal. De los estudios analizados, al menos 3 reportaban ganancias en cuanto a la masa libre de grasa o masa magra (Choi et al., 2017; Mangine et al., 2020; Kapsis et al., 2022).

Todos los estudios cumplían con el requisito de no tener sujetos de pruebas que fueran ni sedentarios, ni con sobrepeso, ya que estos al pasar de una actividad física nula o muy poca, mejorarían en todos los aspectos muy rápidamente. En tres de los estudios los sujetos realizaban CrossFit de manera habitual y continuada (Camacho-Cardenosa et al., 2020; Cavedon et al., 2020; Mangine et al., 2020), con lo que las mejoras iniciales que se presentan al empezar a realizar una actividad nunca antes realizada ya se habían obtenido de manera previa. El estudio de Choi et al. (2017) no especifico que tipo de actividad física realizaban los sujetos, pero se le indico al grupo CON, que no realizase ejercicio físico especial ni habitual, dando a entender que no correspondían a perfiles sedentarios, más allá de la edad que tenían (19-20 años) donde a esas edades es común practicas deporte todavía. El estudio de Kapsis et al. (2022) si que reporto que sus sujetos no eran practicantes de CrossFit, pero si llevaban tiempo realizando actividad de fuerza y resistencia. Se sabe que las primeras adaptaciones en el entrenamiento de fuerza, resultan ser neurales y en estados más avanzados del entrenamiento se consigue la hipertrofia (Cosgrove, 2019), con lo que, al ya tener un historial de entrenamiento, estas ganancias podían estar relacionadas con el HIFT, ya que utiliza elementos de fuerza, bien en sus WODs, bien como pieza separada (Heinrich et al., 2014; Heinrich et al., 2015; Gomes et al., 2020; Kapsis et al., 2022).

La literatura indica que el crecimiento muscular se puede obtener mediante múltiples espectros de rangos de cargas, siendo estos de cargas altas o bajas (Schoenfeld et al., 2021). El estudio de Kapsis et al. (2022) separo a sus participantes en dos grupos que entrenarían con cargas distintas: Uno con cargas moderadas (70% RM) y el otro con cargas bajas (30%RM). Se reporto que los dos grupos sufrieron mejoras en su MCM en las mediciones post-protocolo. Siguiendo lo sugerido por varios autores y viendo que se cumplieron los requisitos de entrenar con cargas superiores al 30% del RM (Schoenfeld et al., 2021; Wackerhage et al., 2021) y dado que la intensidad tiene un gran impacto en la hipertrofia muscular y es sin duda la variable más importante

para estimular la ganancia de masa muscular, sobre todo en el rango de cargas moderadas, aunque no sea los eficiente para las ganancias de masa muscular, los entrenamientos HIFT que incluyen ejercicios de fuerza cumplen ese requisito. De todas formas, el estudio de Camacho-Cardenosa et al. (2020) no indico mejoras tras 6 meses de entrenamiento en las que se entrenaban en distintos mesociclos, con cargas variadas, cambios composición corporal y el estudio de Choi et al. (2017) aun indicando estas mejoras, no facilito los datos de las cargas de sus protocolos, con lo que no podemos saber si cumplían este requisito indispensable.

Los estudios de Choi et al. (2017), Camacho-Cardenosa et al. (2020) y Kapsis et al (2022) registraron la frecuencia de entrenamiento de sus protocolos. En el caso de Choi et al. (2017) sus sujetos realizaban dos entrenamientos semanales. Kapsis et al. (2022) hizo que sus sujetos realizaran 3 sesiones y el estudio con más sesiones de entrenamiento, que curiosamente fue el Camacho-Cardenosa et al. (2020), el cual entrenaban 4-5 días a la semana, no mostros resultados positivos. La frecuencia de entrenamiento es importante, ya que se pueden acumular mayores volúmenes de entrenamiento, pudiendo resultar en una mayor respuesta hipertrófica (Schoenfeld, Grgic, & Krieger, 2019), pero al parecer esto no siempre es así, ya que los estudios con menos entrenamientos semanales, fueron los que registraron una mejora en este aspecto. Por otro lado, los estudio de Mangine et al. (2020) y Cavedon et al. (2020) si que registraron que sus atletas que realizaban más horas de entrenamiento, con mayor volumen de entrenamiento al final de la semana (grupo ADV y grupo HT), tenían mejores resultados en cuanto a la masa muscular esquelética, teniendo el grupo de atletas avanzados de Mangine et al. (2020) mayor densidad corporal y masa magra que el grupo REC aun realizando los mismos días de entrenamiento. Esto da pie a pensar que el volumen y a la intensidad son más importantes que una frecuencia de entrenamiento mayor para ganar masa muscular en CrossFit, aunque hace falta más investigación y un estudio que controle todas estas variables.

Krzysztofik et al (2019) en su estudios determino que, en un entrenamiento orientado a la hipertrofia, debería de existir una combinación de tensión mecánica y estrés metabólico. Solo el estudio de Cavedon et al. (2020) registro mediciones de lactato en sangre, indicador de estrés metabólico, tras su "Fran", siendo estas mediciones en total  $14.6 \pm 2.37$  mmol/L. En otros estudios (Fernández et al., 2015; Maté-Muñoz et al., 2017; Mangine et al., 2018; Gomes et al., 2020; Schlegel, 2020) los resultados fueron similares, en todas las intervenciones o revisiones obteniendo valores superiores a 10 mmol/L, en todas las modalidades HIFT y sus combinaciones

(Halterofilia, acondicionamiento metabólico y gimnásticos). Estos niveles de lactato en sangre altos han sido demostrados que producen un gran impacto en los procesos anabólicos (Schoenfeld, 2010; Wackerhage et al., 2021). Ohno et al., en su estudio hipotetizo que un aumento del nivel de lactato extracelular, inducido por el ejercicio físico realizado a alta intensidad (característica muy importante de HIFT) podría promover una respuesta anabólica e hipertrofia muscular. Además, el estrés metabólico también puede aparecer en entrenamientos cercanos al fallo muscular (Schoenfeld, 2010), algo que es importante para las ganancias de masa muscular (Campos et al., 2002; Schonfeld, 2010; Baz-Valle et al., 2021; Kapsis et al., 2022) y que suele ser muy común en la mayoría de WOD que usen combinaciones de fuerza o gimnásticos.. Otra de las causas de las causas posibles de las ganancias de masa muscular en CrossFit es el uso de fibras musculares glucolíticas, importantes en el desarrollo de los procesos de ganancias fuerza o hipertrofia (Schlegel, 2020). Esto y algunos resultados de los estudios analizados, podrían indicar que ganancias de masa muscular en esta modalidad deportiva serian viables, aunque hace falta más investigación

Finalmente, los estudios que realizaron el WOD “Fran” o sus variables, utilizaron entrenamientos donde se ejecutaban movimientos multiarticulares, implicando una gran musculatura para llevarlos a cabo. Schoenfeld en su estudio de 2010, recalco que los movimientos multiarticulares tienen un impacto en la respuesta hormonal tras el ejercicio relacionada con la cantidad de musculo que se ha utilizado, produciendo un incremento en los niveles de T, en comparación con los ejercicios mono articulares. Estos ejercicios son comunes en CrossFit, conocidos como movimientos “foundationals” (Cosgrove et al.,2019). Schlegel (2020) en su revisión sistemática, encontró que en varios estudios con protocolos HIFT, se observaban niveles elevados de testosterona. En concreto los WODs mixtos, que incluían ejercicios de fuerza, incrementaban los niveles de testosterona en sangre. A su vez, entrenamientos con una demanda metabólica mayor producirán más cortisol, con lo que una programación que prioriza más los anteriores elementos tendrá una respuesta más anabólica (Mangine et al., 2018).

Varias limitaciones de este trabajo son visibles ya que en los estudios analizados no se reportó nada relacionado con la ingesta de los participantes, más allá de que siguiesen sus hábitos alimenticios, con lo que este factor es desconocido. Otro factor importante sería el volumen de trabajo de todas las modalidades y sus combinaciones, el cual tampoco se informó. Solo se mencionó el formato de algunos WOD que se realizarían, sin facilitar datos respecto al volumen del trabajo de acondicionamiento metabólico, que suele crear interferencia con el trabajo de fuerza, por la depleción de

sustratos energéticos. (Leveritt et al., 1999). La última y mayor limitación, es la falta de estudios en este campo, con muy poca investigación con sujetos entrenados, con lo que solo se puede teorizar con respecto a las ganancias de masa muscular en sujetos avanzados que realicen entrenamiento funcional ejecutado a alta intensidad.

## Conclusión

En este trabajo se han revisado distintos estudios llevados a cabo con protocolos que incluían el entrenamiento HIFT en personas físicamente activas y con experiencia en el entrenamiento con cargas o HIFT.

El entrenamiento HIFT es todavía una metodología muy joven y con poco recorrido, con necesidad de ser más investigada. Como cualquier otra metodología de entrenamiento de alta intensidad en la que se incluyan ejercicios de distintas capacidades físicas, esta puede mejorar parámetros como la fuerza, el VO<sub>2</sub>max y la fuerza de resistencia. Es posible que este tipo de entrenamiento a su vez, pueda crear mejoras en la masa muscular, mejorando la composición corporal.

De todas formas, es recomendable tener en cuenta el principio de especificidad, ya que el objetivo principal de esta metodología no es maximizar las ganancias de masa muscular, si no mejorar el fitness general, con lo que puede no resultar la opción más eficiente en este campo. Por otro lado, aunque estéticamente sea algo muy deseado, un exceso de ganancias de masa muscular, aunque mejore los resultados en el campo de la fuerza, puede condicionar otros elementos como son la resistencia cardiovascular o los movimientos gimnásticos, con lo que puede no resultar interesante a la hora de programar estos entrenamientos. Se recomienda que los entrenamientos de Crossfit de una sola modalidad estén separados el máximo tiempo posible (> 48 horas), especialmente para los ejercicios de resistencia e hipertrofia, con tal de evitar interferencias

Sintetizando, esta metodología puede resultar interesante para la ganancia de masa muscular, aunque este no sea su objetivo prioritario. Es necesaria investigación futura para poder sacar a afirmar todo lo que se ha tratado en este trabajo.

## Bibliografía

- Baz-Valle, E., Fontes-Villalba, M., & Santos-Concejero, J. (2021). Total Number of Sets as a Training Volume Quantification Method for Muscle Hypertrophy: A Systematic Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(3), 870–878. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002776>
- Bellar, D., Hatchett, A., Judge, L. W., Breaux, M. E., & Marcus, L. (2015). The relationship of aerobic capacity, anaerobic peak power and experience to performance in CrossFit exercise. *Biology of Sport*, 32(4), 315–320. <https://doi.org/10.5604/20831862.1174771>
- Ben-Zeev, T., & Okun, E. (2021). High-Intensity Functional Training: Molecular Mechanisms and Benefits. *NeuroMolecular Medicine*, 23(3), 335–338. <https://doi.org/10.1007/s12017-020-08638-8>
- Burd, N. A., Tang, J. E., Moore, D. R., & Phillips, S. M. (2009). Exercise training and protein metabolism: influences of contraction, protein intake, and sex-based differences. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 106(5), 1692–1701. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.91351.2008>
- Camacho-Cardenosa, A., Timón, R., Camacho-Cardenosa, M., Guerrero-Flores, S., Olcina, G., & Marcos-Serrano, M. (2020). Six-months crossfit training improves metabolic efficiency in young trained men. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 15(45), 421–427. <https://doi.org/10.12800/ccd.v15i45.1519>
- Campos, G. E. R., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F., ... Staron, R. S. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: Specificity of repetition maximum training zones. *European Journal of Applied Physiology*, 88(1–2), 50–60. <https://doi.org/10.1007/S00421-002-0681-6>
- Cavedon, V., Milanese, C., Marchi, A., & Zancanaro, C. (2020). Different amount of training affects body composition and performance in high-intensity functional training participants. *PLoS ONE*, 15(8 August), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237887>
- Choi, E., So, W., & Jeong, T. T. (2017). *Effects of the CrossFit Exercise: Data Analysis on Body Composition and Blood Profiles*. 46(9), 1292–1294.

- Coffey, V. G., & Hawley, J. A. (2017). Concurrent exercise training: do opposites distract? *Journal of Physiology*, 595(9), 2883–2896. <https://doi.org/10.1113/JP272270>
- Cosgrove, S. J., Crawford, D. A., & Heinrich, K. M. (2019). Multiple Fitness Improvements Found after 6-Months of High Intensity Functional Training. *Sports (Basel, Switzerland)*, 7(9). <https://doi.org/10.3390/sports7090203>
- Crawford, D. A., Drake, N. B., Carper, M. J., Deblauw, J., & Heinrich, K. M. (2018). Are Changes in Physical Work Capacity Induced by High-Intensity Functional Training Related to Changes in Associated Physiologic Measures? (1), 1–10. <https://doi.org/10.3390/sports6020026>
- Crowley, E.; Harrison, A. J.; Lyons, M. (2018). Dry-Land Resistance Training Practices of Elite Swimming Strength and Conditioning Coaches. *The Journal of Strength and Conditioning Research* *Journal of Strength and Conditioning Research*, 00(00), 1–9.
- Damas, F., Phillips, S. M., Libardi, C. A., Vechin, F. C., Lixandrão, M. E., Jannig, P. R., ... Ugrinowitsch, C. (2016). Resistance training-induced changes in integrated myofibrillar protein synthesis are related to hypertrophy only after attenuation of muscle damage. *The Journal of Physiology*, 594(18), 5209–5222. <https://doi.org/10.1113/JP272472>
- Della, R., Medico, F., Italiana, S., Federation, I., Sports, O. F., Official, M., ... Medicine, O. F. S. (2017). *AMERICAN COLLEGE of SPORTS MEDICINE - SOUTHEAST REGIONAL CHAPTER*. (September), 23–26.
- Feito, Y., Heinrich, K. M., Butcher, S. J., & Carlos Poston, W. S. (2018). High-intensity functional training (Hift): Definition and research implications for improved fitness. *Sports*, 6(3), 1–19. <https://doi.org/10.3390/sports6030076>
- Fernandez Fernandez, J., Sabido Solana, R., Moya, D., Sarabia, J. M., & Moya, M. (2015). Acute Physiological Responses During Crossfit (R) Workouts. *European Journal of Human Movement*, 114–124. Retrieved from [https://apps.webofknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=MarkedList&qid=32&SID=S1En87lvP9c343ppW8l&page=1&doc=1&colName=WOS](https://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=MarkedList&qid=32&SID=S1En87lvP9c343ppW8l&page=1&doc=1&colName=WOS)
- Gastin, P. B. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 31(10), 725–741. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131100-00003>

- Glassman, G. (2020). *CrossFit - Guía de entrenamiento nivel 1*.
- Gomes, J. H., Mendes, R. R., Franca, C. S., da Silva-Grigoletto, M. E., da Silva, D. R. P., Antonioli, A. R., ... Quintans-Júnior, L. J. (2020). Acute leucocyte, muscle damage, and stress marker responses to high-intensity functional training. *PLoS ONE*, *15*(12 December), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243276>
- Haddock k., C., Poston S.C., W., Heinrich M., K., Janhke A., S., & Jitnarin, N. (2017). The Benefits of High Intensity Functional Training (HIFT) Fitness Programs for Military Personnel. *Physiology & Behavior*, *176*(3), 139–148. <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-15-00503>.The
- Heinrich, K. M., Becker, C., Carlisle, T., Gilmore, K., Hauser, J., Frye, J., & Harms, C. A. (2015). High-intensity functional training improves functional movement and body composition among cancer survivors: A pilot study. *European Journal of Cancer Care*, *24*(6), 812–817. <https://doi.org/10.1111/ecc.12338>
- Heinrich, K. M., Spencer, V., FehI, N., & Poston, W. S. C. (2012). *Mission essential fitness : comparison of functional circuit training to traditional army physical training for active duty military*. *177*(10), 1125–1130.
- Heinrich, K., Patel, P., O’Neal, J., & Heinrich, B. (2014). High-intensity compared to moderate-intensity training for exercise initiation, enjoyment, adherence, and intentions: an intervention. *BMC Public Health*, *27*(11), 3159–3172.
- Helms, E. R., Cronin, J., Storey, A., & Zourdos, M. C. (2016). Application of the Repetitions in Reserve-Based Rating of Perceived Exertion Scale for Resistance Training. *Strength and Conditioning Journal*, *38*(4), 42–49. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000218>
- Kapsis, D. P., Tsoukos, A., Psarraki, M. P., Douda, H. T., Smilios, I., & Bogdanis, G. C. (2022). Changes in Body Composition and Strength after 12 Weeks of High-Intensity Functional Training with Two Different Loads in Physically Active Men and Women: A Randomized Controlled Study. *Sports*, *10*(1). <https://doi.org/10.3390/sports10010007>
- Krzysztofik, M., Wilk, M., Wojdała, G., & Gołaś, A. (2019). Maximizing Muscle Hypertrophy: A Systematic Review of Advanced Resistance Training Techniques and Methods. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(24). <https://doi.org/10.3390/ijerph16244897>



- Leveritt, M., Abernethy, P. J., Barry, B. K., & Logan, P. A. (1999). Concurrent strength and endurance training. A review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 28(6), 413–427. <https://doi.org/10.2165/00007256-199928060-00004>
- Lopez, P., Radaelli, R., Taaffe, D. R., Newton, R. U., Galvão, D. A., Trajano, G. S., ... Pinto, R. S. (2021). Resistance Training Load Effects on Muscle Hypertrophy and Strength Gain: Systematic Review and Network Meta-analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 53(6), 1206–1216. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002585>
- Mackey, A. L., Brandstetter, S., Schjerling, P., Bojsen-Moller, J., Qvortrup, K., Pedersen, M. M., ... Langberg, H. (2011). Sequenced response of extracellular matrix adhesion and fibrotic regulators after muscle damage is involved in protection against future injury in human skeletal muscle. *FASEB Journal : Official Publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology*, 25(6), 1943–1959. <https://doi.org/10.1096/fj.10-176487>
- Mangine, G. T., Stratton, M. T., Almeda, C. G., Roberts, M. D., Esmat, T. A., VanDusseldorp, T. A., & Feito, Y. (2020). Physiological differences between advanced CrossFit athletes, recreational CrossFit participants, and physically-active adults. *PLoS ONE*, 15(4), 1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223548>
- Mangine, G. T., Van Dusseldorp, T. A., Feito, Y., Holmes, A. J., Serafini, P. R., Box, A. G., & Gonzalez, A. M. (2018). Testosterone and cortisol responses to five high-intensity functional training competition workouts in recreationally active adults. *Sports*, 6(3). <https://doi.org/10.3390/sports6030062>
- Martín Morell, A., González Millán, C., & Llop, F. (2007). Presente y futuro del ácido láctico. *Archivos de Medicina Del Deporte*, 24(120), 270–284.
- Maté-Muñoz, J. L., Lougedo, J. H., Barba, M., García-Fernández, P., Garnacho-Castaño, M. V., & Domínguez, R. (2017). Muscular fatigue in response to different modalities of CrossFit sessions. *PLoS ONE*, 12(7), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181855>
- Midorikawa, T., Ohta, M., Torii, S., & Sakamoto, S. (2018). Lean Soft Tissue Mass Measured Using Dual-Energy X-Ray Absorptiometry Is an Effective Index for Assessing Change in Leg Skeletal Muscle Mass Following Exercise Training. *Journal of Clinical Densitometry: The Official Journal of the International Society for Clinical Densitometry*, 21(3), 394–398.

<https://doi.org/10.1016/j.jocd.2018.03.008>

- Mith, M. I. M. S., Ommer, A. L. J. S., & Tarkoff, B. R. E. S. (2013). *CROSSFIT-BASED HIGH-INTENSITY POWER TRAINING IMPROVES MAXIMAL AEROBIC FITNESS AND BODY COMPOSITION*. *27*(11), 3159–3172.
- Murach, K. A., & Bagley, J. R. (2016, August). Skeletal Muscle Hypertrophy with Concurrent Exercise Training: Contrary Evidence for an Interference Effect. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, Vol. 46, pp. 1029–1039. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0496-y>
- Neto, J. H. F., & Kennedy, M. D. (2019). The multimodal nature of high-intensity functional training: Potential applications to improve sport performance. *Sports*, *7*(2), 1–14. <https://doi.org/10.3390/sports7020033>
- Ohno, Y., Ando, K., Ito, T., Suda, Y., Matsui, Y., Oyama, A., ... Goto, K. (2019). Lactate stimulates a potential for hypertrophy and regeneration of mouse skeletal muscle. *Nutrients*, *11*(4), 1–10. <https://doi.org/10.3390/nu11040869>
- Pérez Prieto, R., González-Lamuño, D., & Cupeiro, R. (2014). *Aclaramiento del lactato durante la recuperación activa y pasiva: papel del transportador de lactato MCT1*. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10902/5894>
- Prado, C. M. M., & Heymsfield, S. B. (2014). Lean tissue imaging: a new era for nutritional assessment and intervention. *JPEN. Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, *38*(8), 940–953. <https://doi.org/10.1177/0148607114550189>
- Proia, P., Di Liegro, C. M., Schiera, G., Fricano, A., & Di Liegro, I. (2016). Lactate as a Metabolite and a Regulator in the Central Nervous System. *International Journal of Molecular Sciences*, *17*(9). <https://doi.org/10.3390/ijms17091450>
- Schlegel, P. (2020). CrossFit® training strategies from the perspective of concurrent training: A systematic review. *Journal of Sports Science and Medicine*, *19*(4), 670–680.
- Schoenfeld, Brad J, Peterson, M. D., Ogborn, D., Contreras, B., & Sonmez, G. T. (2015). 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., Grgic, J., Van Every, D. W., & Plotkin, D. L. (2021). Loading Recommendations for Muscle Strength, Hypertrophy, and Local Endurance: A Re-Examination of the Repetition Continuum. *Sports*, 9(2), 1–25. <https://doi.org/10.3390/sports9020032>
- Schoenfeld, Brad J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2857–2872. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e840f3>
- 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. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1555906>
- Tibana, R. A., de Sousa, N. M. F., Prestes, J., Feito, Y., Ernesto, C., & Voltarelli, F. A. (2019). Monitoring training load, well-being, heart rate variability, and competitive performance of a functional-fitness female athlete: A case study. *Sports*, 7(2). <https://doi.org/10.3390/SPORTS7020035>
- Toigo, M., & Boutellier, U. (2006). New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. *European Journal of Applied Physiology*, 97(6), 643–663. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0238-1>
- Vinogradova, O. L., Popov, D. V, Natreba, A. I., Tsvirkun, D. V, Kurochkina, N. S., Bachinin, A. V, ... Orlov, O. I. (2013). Optimization of training: development of a new partial load mode of strength training. *Fiziologija cheloveka*, 39(5), 71–85.
- Wackerhage, H., Schoenfeld, B. J., Hamilton, D. L., Lehti, M., & Hulmi, J. J. (2021). *Stimuli and sensors that initiate skeletal muscle hypertrophy following resistance exercise*. (33), 30–43. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00685.2018>

