



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE FISIOTERAPIA**

Efectos del entrenamiento al fallo para la hipertrofia muscular en
deportistas

**Trabajo de Titulación para optar al título de Licenciado en
Fisioterapia.**

**Autor:
Tovar Calderón Carlos Ignacio**

**Tutor:
Dr. Yanco Danilo Ocaña Villacrés**

Riobamba, Ecuador. 2024

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Carlos Ignacio Tovar Calderón, con cédula de ciudadanía 0604382465, autor del trabajo de investigación titulado: **EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO AL FALLO PARA LA HIPERTROFIA MUSCULAR EN DEPORTISTAS**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, marzo del 2024.



Carlos Ignacio Tovar Calderón

C.I: 0604382465



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE FISIOTERAPIA

CERTIFICADO DEL TUTOR

Yo, **Dr. Yanco Danilo Ocaña Villacrés** docente de la carrera de Fisioterapia de la Universidad Nacional de Chimborazo, en mi calidad de tutor del proyecto de investigación denominado **EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO AL FALLO PARA LA HIPERTROFIA MUSCULAR EN DEPORTISTAS** elaborado por el señor **CARLOS IGNACIO TOVAR CALDERÓN** certifico que, una vez realizadas la totalidad de las correcciones el documento se encuentra apto para su presentación y sustentación.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad facultando al interesado hacer uso del presente para los trámites correspondientes.

Riobamba, 27 de febrero del 2024

Atentamente,



Dr. Yanco Danilo Ocaña Villacrés
DOCENTE TUTOR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

CARRERA DE FISIOTERAPIA

CERTIFICADO DEL TRIBUNAL

Los miembros del tribunal de revisión del proyecto de investigación denominado **EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO AL FALLO PARA LA HIPERTROFIA MUSCULAR EN DEPORTISTAS** presentado por el señor **CARLOS IGNACIO TOVAR CALDERÓN** y dirigido por el **Dr. Yanco Danilo Ocaña Villacrés** en calidad de tutor, una vez revisado el informe escrito del proyecto de investigación con fines de graduación en el cual se constató el cumplimiento de las observaciones realizadas, se procede a la calificación del documento.

Por la constancia de lo expuesto firman:

Dr. Vinicio Caiza Ruiz.
Presidente Del Tribunal De Grado

Firma

Mgs. Laura Guña Tarco.
Miembro Del Tribunal De Grado

Firma

Mgs. Alex Barreno Gadway.
Miembro Del Tribunal De Grado

Firma

Riobamba, 27 de febrero del 2024

CERTIFICADO ANTIPLAGIO



Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO



CERTIFICACIÓN

Que, **TOVAR CALDERÓN CARLOS IGNACIO** con CC: **060438246-5**, estudiante de la Carrera **FISIOTERAPIA, VIGENTE**, Facultad de **CIENCIAS DE LA SALUD**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **"EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO AL FALLO PARA LA HIPERTROFIA MUSCULAR EN DEPORTISTAS"**, cumple con el 8%, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **TURNITIN**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente, autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 27 de febrero de 2024



Dr. Yanez Danilo Ocaña Villacrés
TUTOR

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación en primer lugar a Dios ya que sin él no podríamos lograr ningún objetivo, y las metas que poco a poco voy logrando merecen ser ofrendadas a él con total gratitud y respeto.

A mi familia que ha sido en este largo proceso el pilar fundamental, especialmente a mis padres y hermana, quienes han sido el soporte y la principal fuente de apoyo y motivación para poder haberme convertido en un profesional después de culminado mis estudios universitarios de la carrera de Fisioterapia.

Finalmente quiero dedicar esta meta, a mi abuelito Marco Calderón que desde el cielo de seguro debe estar observando todas las metas que poco a poco voy logrando, también a cada una de las personas que formaron parte de este camino como estudiante que de alguna u otra forma me mostraron su apoyo y confiaron en mí.

Carlos Ignacio Tovar Calderón

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por todas sus bendiciones y por brindarme toda la sabiduría para poder culminar con éxito el presente trabajo de investigación.

A mis padres por ser siempre mi motivación y principal ayuda en mi etapa como estudiante, por ser los mejores padres, gracias por sembrar en mí buenos valores que me han encaminado a ser la persona que soy ahora, los amo mucho.

Agradezco infinitamente al Dr. Yanco Danilo Ocaña Villacrés por esa predisposición de ayuda como docente tutor. Así también agradezco a los docentes que en verdad cumplieron con su trabajo dentro de las aulas ayudando a formar futuros profesionales.

Carlos Ignacio Tovar Calderón

ÍNDICE

DECLARATORIA DE AUTORÍA	
CERTIFICADO DEL TUTOR	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	14
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 Músculo Esquelético	16
2.1.1 Partes del músculo esquelético	16
2.1.2 Tipos de fibras musculares	16
2.1.3 Tipos de Contracción muscular	17
2.1.4 Mecanismo de la contracción muscular	17
2.1.5 Fuerza Muscular	18
2.1.6 Tipos de fuerza muscular.....	18
2.1.7 Evaluación de la fuerza muscular	19
2.2 Nutrición para la hipertrofia	19
2.2.1 Balance Energético	19
2.2.2 Ingesta de macronutrientes	20
2.2.5 Grasas	21
2.3 Suplementación en la hipertrofia	21
2.3.1 Aminoácidos de cadena ramificada (BCAA)	21
2.3.2 Creatina.....	22

2.3.3 Proteína en polvo	22
2.4 Tipos de entrenamiento para la hipertrofia muscular	23
2.4.1 Entrenamiento contra resistencia para la hipertrofia	23
2.5 Variables del entrenamiento contra resistencia	23
2.5.1 Volumen	23
2.5.2 Frecuencia.....	24
2.5.3 Carga.....	24
2.5.4 Duración de los intervalos de descanso.....	24
2.5.5 Orden de los ejercicios	25
2.5.6 Rango de movimiento.....	25
2.6 Hipertrofia muscular.....	25
2.6.1 Tipos de Hipertrofia muscular.....	25
2.7 Fallo Muscular.....	26
2.7.1 Tipos de Fallo	26
2.8 Factores para la hipertrofia muscular	27
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	28
3.1 Tipo de investigación	28
3.2 Nivel de investigación	28
3.3 Diseño de investigación.....	28
3.4 Método de investigación.....	28
3.5 Enfoque de la investigación.....	28
3.6 Tiempo de investigación.....	28
3.7 Población de estudio y tamaño de muestra.....	29
3.8 Estrategia de búsqueda	29
3.9 Criterios de inclusión y exclusión	29
3.9.1 Criterios de inclusión.....	29

3.9.2 Criterios de exclusión	29
3.10 Métodos de análisis y procesamiento de datos.....	30
3.11 Análisis de artículos científicos según la escala de PEDro	34
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1 Resultados.....	44
4.2 Discusión	57
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES	59
5.1 Conclusiones.....	59
CAPÍTULO VI. PROPUESTA	60
6.1 Propuesta	60
BIBLIOGRAFÍA	63
ANEXOS	71

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1 Valoración con la escala de PEDro.	34
Tabla 2. Resultados de los artículos analizados.	44
Tabla 3. Cronograma de actividades de la propuesta	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Contracción muscular	18
Figura 2. Diagrama de flujo para recolección de fuentes bibliográficas.....	31
Figura 3. Escala de PEDro	71

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Análisis de los artículos según la base de datos.	32
Gráfico 2. Análisis de los artículos científicos según el año de publicación.....	32
Gráfico 3. Análisis de los artículos científicos según la puntuación en la escala de PEDro.	33

RESUMEN

El entrenamiento al fallo, en el contexto del ejercicio físico, es una técnica de entrenamiento que implica realizar repeticiones de un ejercicio hasta que el músculo ya no puede completar una repetición más con buena forma técnica. En otras palabras, el individuo continúa con el ejercicio hasta el punto de fatiga muscular completa. Este método busca estimular al máximo las fibras musculares, promoviendo así el crecimiento y la fuerza muscular.

La presente investigación es una revisión bibliográfica de tipo documental cuyo objetivo es determinar los efectos que produce el entrenamiento al fallo para la hipertrofia muscular en deportistas a través de una recolección de información para fundamentar sus beneficios.

La investigación se realizó mediante un análisis bibliográfico en donde se utilizó 35 artículos científicos con un período de tiempo entre los años 2018 a 2023, obtenidos de bases de datos científicas y revistas de alto impacto, los cuales corresponden a ensayos clínicos aleatorizados. Además, se realizó la evaluación de los artículos para validar su calidad metodológica por medio de la escala PEDro los cuales, obtuvieron una puntuación igual o mayor a 6.

Se determinó que el entrenamiento al fallo no produce diferencias significativas versus el entrenamiento que no alcanza el fallo muscular en base a la hipertrofia, además, que estas pequeñas diferencias se ven poco afectadas con variables en entrenamiento como por ejemplo la carga, número de repeticiones o el volumen.

Palabras claves: hipertrofia, entrenamiento al fallo, deportistas, resistencia.

ABSTRACT

Failure training, in the context of physical exercise, is a training technique that involves performing repetitions of an exercise until the muscle can no longer complete another repetition with good technical form. In other words, the person continues with the exercise until the muscle is completely fatigued. This method aims to stimulate muscle fibers to the maximum, thus promoting muscle growth and strength.

The present research is a documentary-type bibliographic review aimed at determining the effects of failure training on muscle hypertrophy in athletes through the compilation of information to support its benefits.

The research was carried out through a bibliographic analysis using 35 scientific articles with a time period between the years 2018 and 2023, obtained from scientific databases and high- impact journals which correspond to randomized clinical trials. Additionally, the articles were evaluated to validate their methodological quality using the PEDro scale, which obtained a score equal to or greater than 6.

It was determined that failure training does not produce significant differences compared to training that does not reach muscular failure in terms of hypertrophy. Additionally, it was observed that these small differences are minimally affected by training variables such as load, number of repetitions, or volume.

Keywords: hypertrophy, failure training, athletes, endurance.



Firmado electrónicamente por:
**DARIO
JAVIER
CUTIOPALA
LEON**

Reviewed by:
Mg. Dario Javier Cutiopala Leon
ENGLISH PROFESSOR
c.c. 0604581066

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

La actividad física está definida por la OMS como un movimiento corporal el cual se produce por los músculos esqueléticos causando así un consumo de energía. Todo movimiento que desplaza a una persona de un lugar a otro se define como actividad física. El ejercicio ayuda a la agilidad corporal, influye psicológica y socialmente, favoreciendo la salud física y psíquica (OMS, citado por Perea-Caballero et al., 2020).

A nivel global, las personas provenientes de los Países bajos son los que se encuentran en mejor forma física en comparación con otros países, dedican alrededor de 12.8 horas a la semana, lo que significa que realizan ejercicio físico por casi 2 horas diarias, duplicando las 6.1 horas de promedio general. Alemanes y rumanos son los siguientes con 11,1 horas de actividad física a la semana (Tom et al., 2021).

Chile, Ecuador y Uruguay en América Latina son las naciones que poseen los mejores porcentajes de realizar ejercicio, debido a, que menos del 30% de sus habitantes no realiza ejercicio físico. (Tom et al., 2021).

Practicar algún deporte o realizar alguna actividad física tiene un rol muy importante en el bienestar de los seres humanos. Se conoce que, el ejercicio que es practicado regularmente ayuda a disminuir el riesgo de sufrir enfermedades. (Munz, 2019).

En el mundo de los deportes y el ejercicio físico en el cual se tiene por objetivo mejorar estéticamente como, por ejemplo: el fisicoculturismo o en personas que buscan un bienestar propio, es verdaderamente importante el entrenamiento enfocado en la hipertrofia muscular. Este tipo de entrenamiento ayuda a mantener una buena postura, aumenta la fuerza, mejora la calidad de vida etc. (Salvador & Molina, 2019).

Una variable muy utilizada dentro de la hipertrofia es la realización de ejercicios hasta el fallo muscular momentáneo, es decir, el número máximo de repeticiones posibles en una serie determinada.(Salvador & Molina, 2019).

La relación entre el entrenamiento al fallo y el desempeño deportivo es un tema de interés en el campo de la fisioterapia y la rehabilitación deportiva. El entrenamiento al fallo, el cual se caracteriza por la realización de las repeticiones hasta el agotamiento de la musculatura, propone interrogantes importantes sobre sus efectos en la capacidad funcional, hipertrofia y la prevención de lesiones en deportistas.

La fisioterapia desempeña un papel importante en la recuperación y el mantenimiento de la salud musculoesquelética de los atletas, y comprender como el entrenamiento al fallo pudiera

influir en el rendimiento deportivo es fundamental para el desarrollo de estrategias de rehabilitación. Por tanto, esta investigación se propone identificar los efectos del entrenamiento al fallo para la hipertrofia muscular en deportistas desde una perspectiva fisioterapéutica, con el objetivo de explorar tanto los beneficios como los riesgos asociados a este tipo de entrenamiento, y así contribuir al diseño de programas de ejercicio más seguros y efectivos para optimizar el rendimiento deportivo específicamente enfocados a la hipertrofia y la prevención de lesiones.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1 Músculo Esquelético

El músculo esquelético es un conjunto de células musculares voluntarias que está muy organizado. Estas células tienen la función de producir contracción, movimiento y fuerza, esto requiere el consumo de abundantes requerimientos energéticos y cuando el músculo realiza un esfuerzo prolongado llega a la fatiga muscular (Mukund & Subramaniam, 2020).

2.1.1 Partes del músculo esquelético

Tendón: Es una estructura que transmite la fuerza de los músculos a los huesos (Nakamichi & Asahara, 2021).

Epimisio: Es una capa de tejido conjuntivo denso que encapsula todo el músculo (Mukund & Subramaniam, 2020).

Perimisio: El perimisio deriva del epimisio y rodea los fascículos, haces de fibras musculares (Mukund & Subramaniam, 2020).

Endomisio: El endomisio o membrana basal es una delicada capa de la matriz extra celular que rodea cada fibra muscular (Mukund & Subramaniam, 2020).

Fascículo: Conjunto de fibras musculares (Mukund & Subramaniam, 2020).

Haces: Conjunto de fascículos que forman el tejido muscular (Mukund & Subramaniam, 2020).

Miofibrilla: Pequeña estructura ubicada dentro de la estructura muscular (fibra muscular) compuesta por filamentos proteicos de actina y miosina (Mukund & Subramaniam, 2020).

Fibra muscular: Representa una célula muscular con su unidad celular básica llamada sarcómero (Mukund & Subramaniam, 2020).

2.1.2 Tipos de fibras musculares

Existen dos tipos de fibras musculares: Tipo I y Tipo II. Las fibras tipo I, comúnmente se denominan como fibras lentas, resisten la fatiga y son adecuadas para realizar una actividad física de resistencia (B. J. Schoenfeld et al., 2019).

El segundo tipo de fibras, son llamadas fibras rápidas o de rápida contracción, son todo lo contrario a las fibras de tipo I. Estas fibras sufren fatiga en la mitad del tiempo que las fibras tipo I, por lo que, son ideales para realizar alguna actividad en la que predomine la fuerza y la potencia. Cabe recalcar que poseen una limitada capacidad para realizar actividades de resistencia muscular durante tiempo prolongado (B. J. Schoenfeld et al., 2019).

2.1.3 Tipos de Contracción muscular

Una contracción muscular es un complejo proceso o fenómeno fisiológico en el que un músculo experimenta una extensión o un acortamiento acompañado de fuerza y movimiento.(Alvarez-Nemegyei et al., 2020).

Contracción isométrica: Una contracción isométrica es aquella en la que el músculo está tensionado mientras que su articulación se encuentra inmóvil (B. J. Schoenfeld et al., 2019).

Contracción isotónica: Las contracciones isotónicas se producen cuando un músculo produce fuerza y tensión en una articulación en movimiento, se divide en dos tipos; excéntrica y concéntrica (B. Schoenfeld, 2019).

Contracción excéntrica: La contracción excéntrica es aquella que provoca un alargamiento del músculo mientras este también se contrae. Durante este proceso, el músculo absorbe la energía desarrollada por una carga externa, lo que explica por qué la acción excéntrica también se denomina “trabajo negativo” (Hody et al., 2019).

Contracción concéntrica: La contracción concéntrica es aquella que provoca un acortamiento del músculo, se denomina también “trabajo positivo”(Hody et al., 2019).

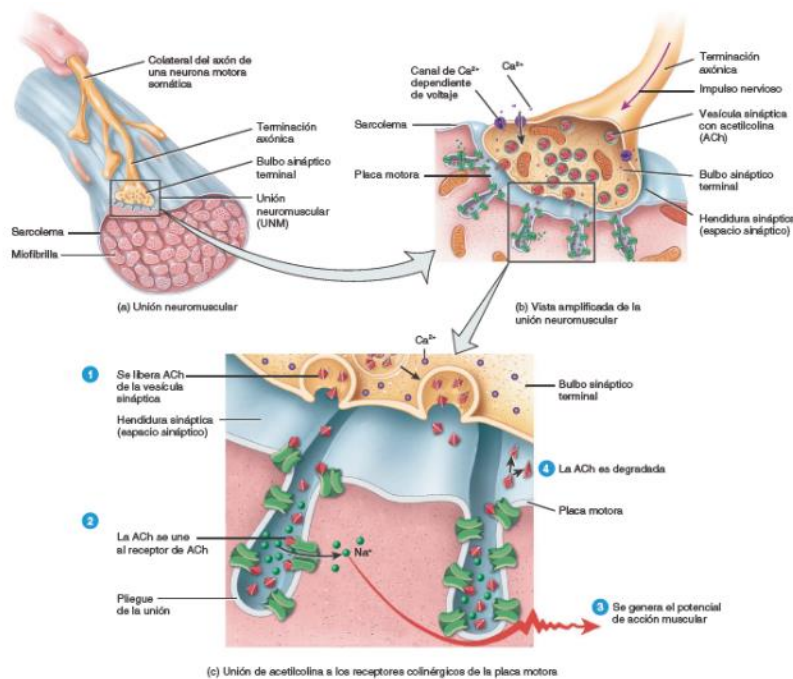
2.1.4 Mecanismo de la contracción muscular

2.1.4.1 Teoría del deslizamiento de los filamentos

- Una acción viaja por el axón nervioso hasta la unión neuromuscular (Squire, 2019).
- Se libera la acetilcolina, provocando la apertura de los canales sódicos desencadenando un potencial de acción (Miklavc & Frick, 2020).
- Este potencial de acción viaja a través de la membrana, por el túbulo t (Squire, 2019).
- Llega al retículo sarcoplasmático de la fibra muscular, en donde las moléculas de calcio son liberadas (Caremani & Reconditi, 2022).
- El calcio llega directamente a la troponina C(Caremani & Reconditi, 2022).
- La troponina C interactúa con la otra troponina, haciendo que la tropomiosina de la actina libere el sitio activo, haciendo que la cabeza de la miosina se una con el surco, el sitio de unión (Miklavc & Frick, 2020).
- En la cabeza de la miosina existen enzimas de ATPasa, esta enzima hidroliza el ATP, convirtiéndolo en ADP y fosfato, usando esa energía generando un movimiento de 45 grados, halando la actina, para la contracción muscular (Caremani & Reconditi, 2022).

- Una vez realizada la contracción muscular, los canales de calcio se bombean nuevamente al retículo sarcoplasmático, haciendo que se relaje el músculo (Caremani & Reconditi, 2022).
- La cabeza se vuelve a enderezar, lista para comenzar otro ciclo (Caremani & Reconditi, 2022).

Figura 1. Contracción muscular



Fuente: (Tortora, Derrickson 2018)

2.1.5 Fuerza Muscular

Es la producción de tensión y movimiento frente a una resistencia externa. En ocasiones, esta es medida por el total de fuerza que los músculos pueden producir al momento de realizar una acción. (Suchomel et al., 2021).

2.1.6 Tipos de fuerza muscular

Fuerza máxima: Se define como el peso máximo que se puede levantar a una sola repetición manteniendo una técnica correcta (Grgic et al., 2020).

Fuerza explosiva: Es la capacidad del músculo de producir fuerza en gran cantidad mientras realiza un movimiento veloz acompañado de explosividad en un periodo corto de tiempo (Chen et al., 2023).

Fuerza resistencia: Se define como la capacidad del músculo para poder contraerse repetidas veces durante un tiempo prolongado, se la realiza en ejercicios contra resistencia. (B. J. Schoenfeld et al., 2021).

Fuerza concéntrica: La fuerza concéntrica se refiere a la fase de la contracción muscular en la que un músculo se acorta mientras genera tensión, venciendo una resistencia aplicada. Durante esta fase, el músculo realiza un trabajo positivo al vencer la fuerza opuesta y producir un movimiento en dirección opuesta a la resistencia (Benford et al., 2021.).

Fuerza excéntrica: Se refiere al momento que el músculo se alarga mientras se encuentra bajo resistencia (Benford et al., 2021).

Fuerza isométrica: Se llama fuerza isométrica cuando se genera tensión muscular sin que se note un movimiento articular (Benford et al., 2021).

2.1.7 Evaluación de la fuerza muscular

Repetición máxima (RM)

Es una técnica que se realiza para determinar la carga máxima que el deportista o la persona puede levantar en un ejercicio específico en solo una repetición, esta técnica consta de ciertos pasos a seguir para que sea aplicada de la mejor manera (Menargues-Ramírez et al., 2022).

- Se inicia con un calentamiento muscular y articular en el que se debe realizar movimientos propios de la o las articulaciones involucradas, acompañado de series de aproximación del ejercicio seleccionado para realizar la RM.
- Escogemos el ejercicio y se carga un peso desafiante pero seguro.
- Se realiza un primer intento con la carga inicial y se aumenta progresivamente el peso hasta alcanzar la repetición máxima en un solo intento. (Menargues-Ramírez et al., 2022).

2.2 Nutrición para la hipertrofia

2.2.1 Balance Energético

El balance energético se refiere a la relación entre la cantidad de energía proveniente de los alimentos que se consume diariamente y la energía que se gasta durante la realización de una actividad física (Piaggi, 2019).

El crecimiento de las fibras musculares se limita cuando se aplica un déficit calórico debido a que, el cuerpo pone como prioridad la conservación de energía sobre la construcción de masa muscular (Piaggi, 2019).

Es así que, cuando el cuerpo está en un equilibrio energético, esta situación tampoco es recomendable para la construcción de masa muscular. El organismo se mantiene en una constante descomposición de proteínas en órganos y tejidos, esto se conoce como catabolismo, y tras la ingesta de alimentos, las proteínas reponen esta pérdida utilizando aminoácidos que llegan en su gran mayoría del músculo esquelético. Aunque el ejercicio ayuda a contrarrestar la pérdida de proteínas, el organismo menora en su capacidad de desarrollar músculo (Nas et al., 2020).

Por otra parte, al consumir más calorías de las que se gastan en el día, se produce un estímulo suficiente para el anabolismo, siempre y cuando la cantidad de proteínas consumidas sea la adecuada. Sin embargo, cuando el entrenamiento contra resistencia es combinado con un consumo alto de calorías, existe mayor ganancia muscular (Nas et al., 2020).

2.2.2 Ingesta de macronutrientes

Además del balance energético, el consumo de macronutrientes (proteínas, hidratos de carbono y lípidos) es también de gran importancia desde el punto de vista nutricional (Piaggi, 2019).

2.2.3 Proteínas

Las proteínas son importantes en la dieta de un deportista, proporcionan 4kcal de energía por gramo consumido. Cumplen un papel importante en la construcción y reparación de tejidos, incluyendo a los músculos. Se recomienda consumir una cantidad óptima de proteínas diariamente. En el caso de los deportistas se recomienda consumir entre 1,6 a 2,2 gr/kg peso/día (Nieman et al., 2020).

Es necesario un consumo por encima de 2,7 gramos libre de grasa, por kilogramo de peso corporal en periodos bajos de consumo de calorías, con el objetivo de evitar la disminución de masa muscular (Nieman et al., 2020).

2.2.3.1 Calidad de la proteína

Se debe tener en cuenta que tipo de proteínas se consume para la obtención de músculo, la buena composición de una proteína depende de la cantidad de los nueve Aminoácidos esenciales que pueda tener, para así, mantener el tejido magro (Master & Macedo, 2021).

Las proteínas que carecen de uno o más aminoácidos esenciales se consideran incompletas, las proteínas de origen animal son consideradas proteínas completas. En cambio, aquellas proteínas de origen vegetal carecen de una cantidad suficiente algunos aminoácidos esenciales, convirtiéndolas en proteínas incompletas (Mertz et al., 2021).

2.2.4 Carbohidratos

Los carbohidratos de igual manera que las proteínas aportan con 4kcal de energía por gramo, son esenciales en la dieta cuando se tiene como objetivo la hipertrofia. Los carbohidratos son la fuente principal de energía del organismo cuando se realiza algún tipo de entrenamiento (Paoli et al., 2021).

Basándose en la evidencia actual, no se pueden obtener conclusiones definitivas sobre la cantidad ideal de carbohidratos desde el punto de vista de maximizar las ganancias de hipertrofia (Paoli et al., 2021), pero se sugiere que su consumo sea de aproximadamente 3 gr/kg peso/día (Iraki et al., 2019).

2.2.5 Grasas

Las grasas proporcionan 9kcal de energía por gramo, se desconoce la cantidad de grasa necesaria para maximizar el crecimiento muscular. Como regla general, la ingesta de grasa debe comprender el equilibrio de calorías después de tener en cuenta el consumo de proteínas y carbohidratos (Vargas-Molina et al., 2022).

Parece ser suficiente 1gr/kg peso/día para prevenir alteraciones hormonales, se recomienda obtenerla mayoría de las calorías de grasa de fuentes insaturadas.(Vargas-Molina et al., 2022).

2.3 Suplementación en la hipertrofia

Los suplementos alimenticios son productos que tienen como finalidad complementar la dieta, son consumidos para obtener un beneficio extra en la salud o en el rendimiento deportivo (Abreu et al., 2023).

Los suplementos de, creatina, proteínas, y BCCA son los suplementos dietéticos más utilizados por los deportistas (Abreu et al., 2023).

2.3.1 Aminoácidos de cadena ramificada (BCAA)

Por sus siglas en inglés: "Branch Chain Amino Acids". Los BCAA comprenden tres: leucina, isoleucina y valina, de los nueve aminoácidos que se consideran aminoácidos esenciales (AEE). Estos no pueden sintetizarse en el organismo, por lo tanto, se los obtiene a través de la dieta. Los aminoácidos de cadena ramificada se los venden con la afirmación que mejoran las adaptaciones musculares. Se venden numerosos suplementos compuestos por estos tres aminoácidos, con la afirmación que mejoran las adaptaciones musculares(Ruple et al., 2023).

La leucina estimula las vías para la síntesis de proteínas, la valina y la isoleucina pueden interrumpir a la leucina en el transporte de proteínas a la célula muscular, por lo que, limitan la eficacia de los BCAA (Plotkin et al., 2021).

Las proteínas de alta calidad o completas proporcionan el complemento completo de aminoácidos esenciales y si estas están presentes en la ingesta diaria mejoran las adaptaciones hipertróficas (Bagheri et al., 2021).

Por tal motivo, la evidencia científica muestra que las personas que consumen la cantidad suficiente de proteínas no obtienen beneficios adicionales cuando se suplementan con BCAA. Los estudios indican que en un aporte diario con la cantidad adecuada de proteínas ninguna suplementación extra de BCAA ayuda en la hipertrofia muscular (Burd et al., 2019).

2.3.2 Creatina

La creatina es el suplemento dietético mas estudiado y popular entre las personas que hacen deporte por sus efectos benéficos del ejercicio en el sistema muscular. La suplementación con creatina mejora el performance en el ejercicio de alta intensidad, debido a que, aumenta las reservas de fosfocreatina en el músculo en un 20 a 40% (Oikawa et al., 2021).

La suplementación con creatina aumenta el agua corporal total, es decir, que con el uso de la creatina se produce un aumento en el tamaño muscular dado que la creatina es una sustancia osmótica lo que hace que se lleve el agua dentro de la célula muscular, por consecuencia se aumenta de tamaño, pero no es grasa ni músculo, es agua.(Oikawa et al., 2021)

El 95 por ciento de la creatina generada por el organismo se encuentra en el músculo, la creatina ayuda en la creación de ATP, la suplementación con creatina brinda más energía y fuerza, ayuda a realizar más repeticiones en el entrenamiento, disminuyendo también el tiempo de recuperación, por lo que combinado con una dieta adecuada junto con un entrenamiento de resistencia influirá en el crecimiento muscular con el tiempo (Burke et al., 2023).

2.3.3 Proteína en polvo

El “Jornal of the International Society of Sports Nutrition” nos informa que, el consumo de proteínas total en el día junto con el consumo de proteína en polvo, es de suma importancia en la síntesis de proteínas y en la ganancia de tejido muscular. (Gonzalez et al., 2022).

Se recomienda el consumo de proteína en polvo cuando la ingesta diaria de proteína no alcanza los valores recomendados, es decir, se debe consumir de 1,6 g/kg de peso/día. (Abreu et al., 2023).

Por lo tanto, se respalda el uso de proteína en polvo solamente como un complemento para la hipertrofia muscular siempre que este proceso esté acompañado de una dieta equilibrada y de un programa de entrenamiento acorde a la persona. Sin embargo, se destaca que las proteínas deben provenir de fuentes alimenticias naturales, y los suplementos de proteína deben usarse como su nombre lo indica, como suplemento, ya que ninguna fuente de proteína en polvo debe suplir a una comida real o natural (Gonzalez et al., 2022).

2.4 Tipos de entrenamiento para la hipertrofia muscular

2.4.1 Entrenamiento contra resistencia para la hipertrofia

Un entrenamiento contra resistencia, es aquel, que se realiza en contra una resistencia externa proveniente de: mancuernas, pesas, máquinas de ejercicio, incluso el propio peso corporal de la persona (Krzysztofik et al., 2019).

Este tipo de entrenamiento brinda muchos beneficios como es el fortalecimiento y desarrollo de la musculatura, (Lim et al., 2022), el primer aumento de musculatura se hace notorio durante las primeras 5 a 7 semanas de entrenamiento, dependiendo también de las variables del entrenamiento así como también, la nutrición, la alimentación y el descanso.

Para saber si un músculo ha crecido, la forma más fácil es a través de una evaluación antropométrica específicamente por la medición del perímetro o circunferencia muscular con la ayuda de una cinta métrica se la coloca en la parte más central del músculo, y posteriormente se mide (Menargues-Ramírez et al., 2022).

El entrenamiento contra resistencia se compone de variables para la elaboración de un programa de ejercicio, como, por ejemplo: el volumen, la frecuencia, la carga, la duración de los intervalos de descanso, el orden de los ejercicios, y el rango de movimiento (Stricker et al., 2020).

2.5 Variables del entrenamiento contra resistencia

2.5.1 Volumen

El volumen es la cantidad de ejercicio que se realiza durante un período de tiempo, aquí se toma en cuenta también el número de repeticiones y series (Moesgaard et al., 2022).

2.5.2 Frecuencia

La frecuencia hace referencia al número de sesiones de ejercicio que se realiza en la semana, es decir, el número de veces que se trabaja semanalmente un músculo en específico o un grupo de músculos en particular (Krzysztofik et al., 2019).

El entrenamiento enfocado para la hipertrofia muscular suele ser de un elevado volumen por grupo muscular y sesión, pero en su gran mayoría con poca frecuencia en cada uno de estos grupos, la mejor estrategia para conseguir mejores objetivos es planificar rutinas de cuerpo dividido (Zaroni et al., 2018).

En el entrenamiento para promover la hipertrofia muscular se recomienda dejar pasar 48 horas entre las sesiones en las que se trabaje un mismo grupo muscular, favoreciendo así la recuperación y maximizando los efectos positivos del entrenamiento contra la resistencia (Zaroni et al., 2018).

2.5.3 Carga

Cuando hablamos de carga nos referimos al peso o resistencia que se utiliza durante el entrenamiento, la carga levantada es uno de los factores más importantes de la respuesta hipertrófica en la sesión de ejercicio. La intensidad de la carga se refiere a la RM descrita anteriormente que se realiza en un ejercicio (Lacio et al., 2021). Esta intensidad se clasifica en 3 grupos: fuertes (1 a 5 RM), medios (6 a 12 RM) y ligeros (superiores a 15 RM). Se ha observado que la mejor manera de lograr un crecimiento muscular máximo es utilizando un rango de repeticiones medio o moderado (Lim et al., 2022).

2.5.4 Duración de los intervalos de descanso

El tiempo de reposo entre series se clasifica en 3 tipos: cortos (30 segundos o menos), medianos (60 a 90 segundos), y largos (mayores a 3 minutos) (Krzysztofik et al., 2019).

Los intervalos cortos de descanso han demostrado que no son recomendados debido a que, reducen a un 50% la carga de la siguiente serie, por otra parte, los intervalos de descanso largos ayudan a una recuperación muscular mas significativa, haciendo que, la fuerza no disminuya en el entrenamiento.

Los intervalos cortos de descanso han demostrado que reducen el volumen de entrenamiento en más al 50% reduciendo también la carga en la siguiente ejecución, los intervalos de descanso largos ayudan a que exista una recuperación muscular mayor entre series ayudando a mantener la fuerza durante todo el entrenamiento (Lim et al., 2022).

Sin embargo, los descansos intermedios son los más recomendados para el entrenamiento en base a la hipertrofia muscular, ayudan a mantener en cierto grado el estrés metabólico en los músculos lo que beneficia para el aumento de musculatura(Lim et al., 2022).

Como conclusión se deben realizar periodos no tan largos de descanso, la siguiente serie debe realizarse cuando el deportista se sienta listo, ya que, si el descanso no es el correcto la próxima serie será ejecutada con menos carga y volumen, ocasionado ganancias en fuerza no en hipertrofia (Scarpelli et al., 2022).

2.5.5 Orden de los ejercicios

Las guías de entrenamiento nos dicen que se debe dar prioridad a ejercicios que involucren grandes músculos y después a ejercicios de músculos pequeños, sin embargo, las investigaciones son equívocas en este tema, ya que no se ha podido demostrar beneficio alguno al orden de ejecución de los ejercicios en una sesión de entrenamiento (Mcleod et al., 2023).

2.5.6 Rango de movimiento

Cuando se realiza rangos cortos de movimiento, es decir no se produce el movimiento completo de la articulación, los músculos se mueven de diferente manera, por tal motivo se recomienda realizar ejercicios con un rango completo de movimiento (Iversen et al., 2021). La medición se realiza a través de la goniometría, la cual es una técnica que utiliza un goniómetro instrumento de medición angular, para medir el rango de movimiento de una articulación específica, el goniómetro se coloca en la articulación y se lo mide durante el movimiento(Iversen et al., 2021).

2.6 Hipertrofia muscular

Al hablar de hipertrofia nos referimos a la estimulación de la mayor cantidad de fibras y por consiguiente un aumento del grosor de las fibras musculares, es decir, la hipertrofia es cuando el músculo crece.(González & Martínez, 2019).

2.6.1 Tipos de Hipertrofia muscular

Hipertrofia pasajera o transitoria

La hipertrofia pasajera o transitoria es cuando existe un edema en el músculo, cuando el entrenamiento provoca un aumento en los niveles de agua que se almacenan en el músculo,

cuando regresa el agua al torrente sanguíneo después de varias horas de la actividad física esa hinchazón menora y desaparece (Grgic et al., 2022).

Hipertrofia Crónica

La hipertrofia crónica se divide en dos tipos: la hipertrofia sarcoplasmática y sarcomérica. La hipertrofia sarcoplasmática es cuando el sarcoplasma que se encuentra en las miofibrillas se expande durante el entrenamiento, esto crea un crecimiento duradero del tejido muscular, haciendo que, las proteínas miofibrilares se agrupan en el espacio creado por el sarcoplasma cuando este se expande (Roberts et al., 2020).

La hipertrofia sarcomérica se produce cuando las miofibrillas y la matriz extracelular se alteran, aumentando la cantidad de proteínas de actina y miosina, así como también el número de sarcómeros.

En otras palabras, se incrementa el área de la sección transversal del músculo. Cuando las miofibrillas del tejido muscular se dañan, estas se multiplican y aumentan de tamaño para prevenir futuras lesiones, lo que produce un incremento en la fuerza y el tamaño del músculo (Morton et al., 2019).

2.7 Fallo Muscular

El fallo muscular se produce cuando se erra un levantamiento de una carga durante una serie en el entrenamiento, fatigando completamente al músculo, haciendo que este tejido no tenga la fuerza necesaria para realizar una acción específica.(Iversen et al., 2021).

2.7.1 Tipos de Fallo

Fallo Técnico

El fallo técnico se refiere al momento en que la técnica del ejercicio se ve afectada, se pierde rango de movimiento, postura y fuerza, creando compensaciones musculares para que esta repetición pueda ser completada. El fallo técnico se produce antes del fallo muscular (Schoenfeld, Contreras, et al., 2019).

Fallo Muscular

Hace referencia al momento en el que un músculo o grupo de músculos no están en la capacidad de seguir realizando el ejercicio a la misma intensidad que al principio, es decir, la repetición no se completa (Schoenfeld, Grgic, et al., 2019).

2.8 Factores para la hipertrofia muscular

Tensión mecánica

La tensión mecánica se define como la fuerza o a la carga que se aplica al músculo. La tensión mecánica afecta la integridad física como química del músculo, haciendo que, se creen una serie de respuestas celulares en los componentes musculares como lo son las miofibrillas y las células satélite. (Roberts et al., 2020).

La tensión mecánica depende la cantidad de peso el tiempo que dura la aplicación de este, la combinación de estas dos variables maximiza el reclutamiento de varias unidades motoras provocando una fatiga y por consiguiente una adaptación hipertrófica (Roberts et al., 2020).

Estrés metabólico

El estrés metabólico es la acumulación de metabolitos creados por el ejercicio, en especial el lactato, el fosfato inorgánico y el H⁺, el estrés metabólico se ve en aumento durante el ejercicio por la elevada producción energética en la realización de ejercicio, se señala que el estrés metabólico puede actuar como un estímulo de hipertrofia siempre y cuando actúe en conjunto con la tensión muscular (Vera et al., 2020).

Daño muscular

También conocido como: daño muscular inducido por el ejercicio (DMIE) es una inflamación que se produce en el músculo como respuesta a las cargas que producen daño muscular. Es el estrés que se produce en las fibras musculares. El daño muscular es responsable de la respuesta de las células satélite, cuando no se produce un suficiente daño muscular en las fibras, se dificulta el aumento en el tamaño del músculo. (Ramos, 2018).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.

3.1 Tipo de investigación

La investigación fue de tipo documental a través de la recopilación de datos con contenido científico, se relacionó criterios de diferentes autores sobre los “Efectos del entrenamiento al fallo para la hipertrofia muscular en deportistas”, gracias a la escala de PEDro se pudo medir la calidad de los artículos seleccionados.

3.2 Nivel de investigación

Descriptivo, mediante la observación indirecta debido a que la información fue recopilada y analizada en las diferentes bases de datos científicas como: PubMed, Google Scholar, Web of Science, Science Direct.

3.3 Diseño de investigación

El diseño de investigación fue de carácter documental debido a que la recopilación se enfocó en el análisis e interpretación de los datos e información obtenida a partir de los artículos referentes al entrenamiento al fallo e hipertrofia muscular. Además, es de corte transversal porque se llevó a cabo en un período de tiempo comprendido entre el año 2018 al 2023.

3.4 Método de investigación

El método de investigación fue inductivo, la investigación permitió analizar las particularidades de los “Efectos del entrenamiento al fallo para la hipertrofia muscular en deportistas”, reconociendo conceptos, criterios y conclusiones de diversos autores tomándolos como premisas para establecer una conclusión global.

3.5 Enfoque de la investigación

El enfoque de la investigación fue cualitativo porque permitió conocer indirectamente cuál es la justificación de diferentes autores sobre los efectos del entrenamiento al fallo para la hipertrofia muscular en deportistas, por lo que se analizaron casos ocurridos en años pasados que hablen acerca de la aplicación de este tipo de entrenamiento desde un punto de vista deportivo.

3.6 Tiempo de investigación

El tiempo de la investigación fue de carácter retrospectivo porque se indagó hechos ocurridos en el pasado a través de fuentes bibliográficas de carácter científico, es decir, se obtuvo

información de calidad desde el año 2018 al 2023 para el desarrollo del presente trabajo de investigación sobre el tema propuesto.

3.7 Población de estudio y tamaño de muestra

Un total de 35 artículos científicos que incluyeron información sobre los efectos del entrenamiento al fallo para la hipertrofia muscular en deportistas.

3.8 Estrategia de búsqueda

Las bases de datos utilizadas para la recolección de artículos científicos fueron: Pubmed, Web of science, Science Direct, Google Scholar. En estos sitios académicos y científicos se indagó la información más relevante acerca del tema, encontrados en artículos de alto impacto. Las estrategias de búsqueda que se realizó en la investigación fueron mediante palabras clave como: “entrenamiento al fallo e hipertrofia muscular” “failure training and hypertrophy”, “muscle training and hypertrophy”, “muscle failure in athletes” “muscular hypertrophy in athletes”.

La aplicación de operadores booleanos fue de ayuda a la accesibilidad en las diferentes bases de datos científicas, disminuyendo el tiempo de búsqueda y facilitando la relación entre las variables independientes y dependientes de la investigación. Para la recopilación de toda la información necesaria que requirió el contenido de: “Efectos del entrenamiento al fallo para la hipertrofia muscular en deportistas”, se empleó operadores booleanos básicos como lo son “AND” e “OR”.

3.9 Criterios de inclusión y exclusión

3.9.1 Criterios de inclusión

- Artículos científicos que han sido publicados en los últimos 5 años.
- Artículos científicos que tengan información relevante con respecto al tema: Efectos del entrenamiento al fallo para la hipertrofia muscular en deportistas.
- Artículos científicos que cumplan con una calificación de 6 o mayor según la escala de PEDro.
- Artículos científicos publicados en los idiomas inglés, español.

3.9.2 Criterios de exclusión

- Artículos científicos con estricta política de privacidad.
- Artículos científicos incompletos.

- Artículos científicos que no aportaron a la temática en el perfil de: “Efectos del entrenamiento al fallo para la hipertrofia muscular en deportistas”.
- Artículos que tienen más de 5 años de antigüedad.
- Artículos que no contengan información acerca de las variables expuestas.

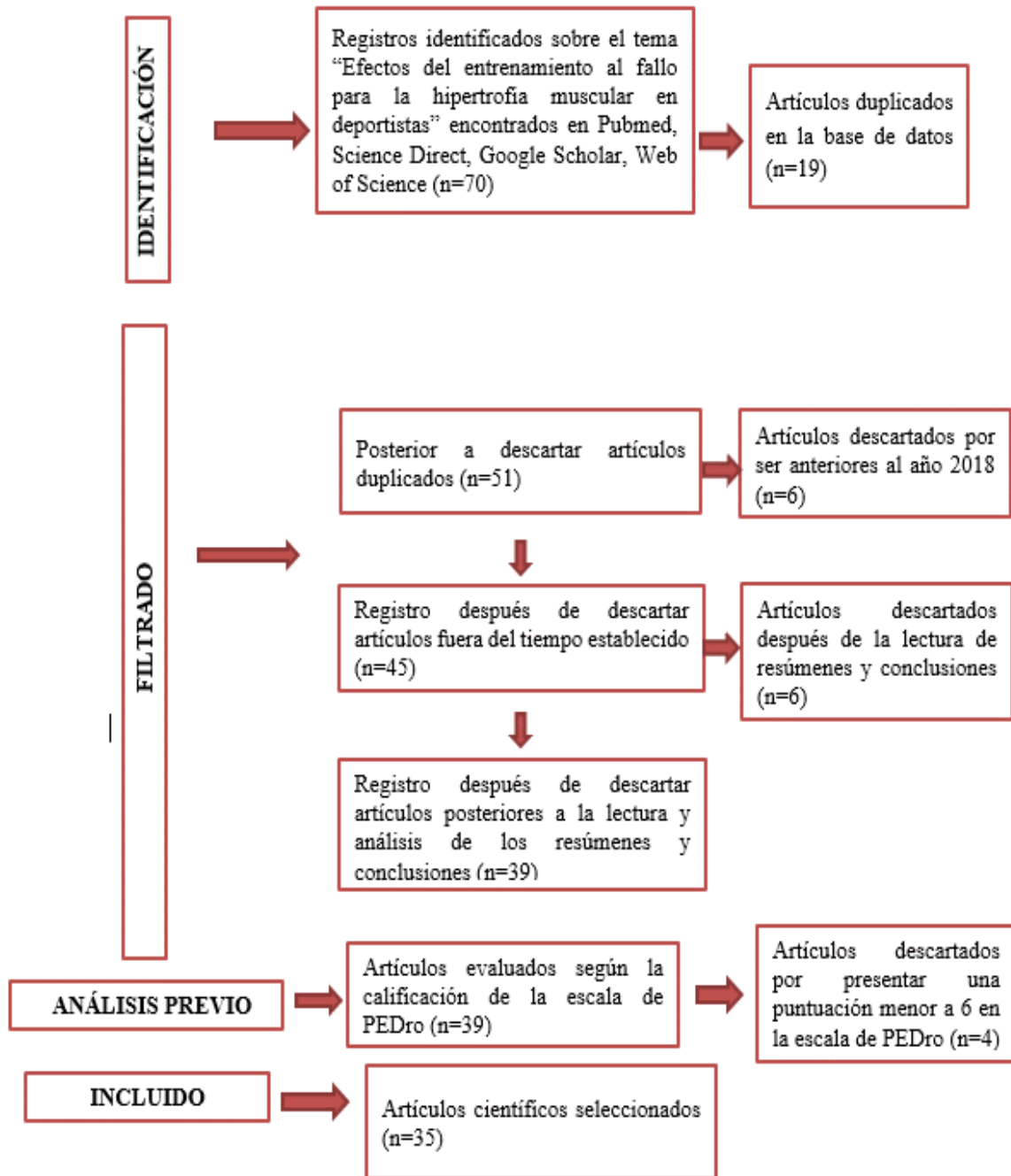
3.10 Métodos de análisis y procesamiento de datos.

El trabajo de investigación final se basó en un protocolo de selección de artículos científicos hallados en las diferentes bases de datos que se mencionaron. Se comenzó con el reconocimiento de los artículos relacionados al tema: “Efectos del entrenamiento al fallo para la hipertrofia muscular en deportistas” obteniendo un total de 70 artículos.

Después se descartó los artículos que tuvieron duplicación de información (19), teniendo así un total de 51 artículos, de los cuales se omitieron aquellos que fueron anteriores al año 2018(6) teniendo así un total de 45 artículos.

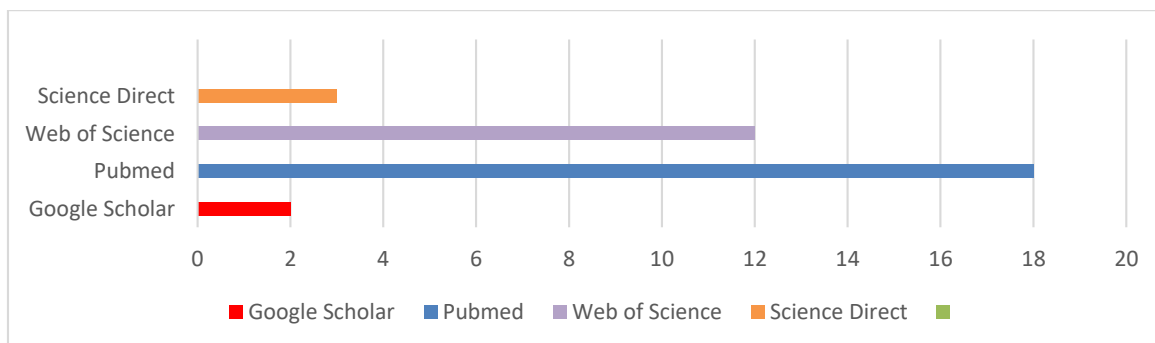
Del total de 45 artículos, posterior a la lectura, análisis de los resúmenes y conclusiones se descartaron los artículos que tuvieron información poco relevante (6), por último, se omitieron 4 artículos más ya que tuvieron una calificación menor a 6 puntos en la escala de PEDro, como resultado final fueron 35 los artículos seleccionados.

Figura 2. Diagrama de flujo para recolección de fuentes bibliográficas.



Fuente: Adaptado de successfully publish a systematic review (Muka et al., 2020)

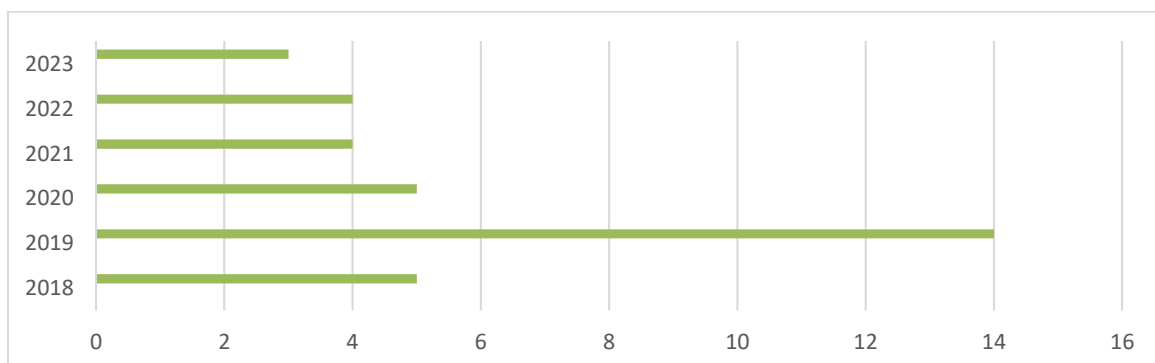
Gráfico 1. *Análisis de los artículos según la base de datos.*



Interpretación:

Del total de artículos seleccionados en la investigación tenemos que, estos fueron extraídos de bases de datos científicas con amplia validez, las mismas que se encuentran dentro de los criterios de inclusión de la presente investigación. Por lo que, 2 artículos provienen de Google Scholar, 3 de Science Direct, 12 de Web of Science y 18 de Pubmed.

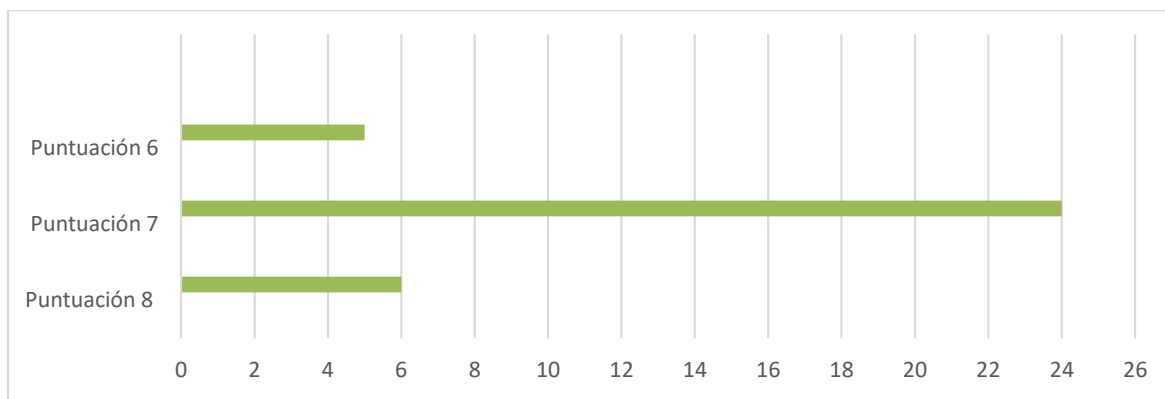
Gráfico 2. *Análisis de los artículos científicos según el año de publicación.*



Interpretación:

Los artículos válidos para esta investigación cumplieron con el tiempo de rango establecido, a partir del año 2018 hasta el 2023. Se obtuvo que 5 artículos pertenecen al año 2018, 14 al año 2019, 5 al año 2020, 4 al 2021, 4 al 2022, y 3 al 2023.

Gráfico 3. *Análisis de los artículos científicos según la puntuación en la escala de PEDro.*



Interpretación:

La totalidad de artículos que se utilizaron en el trabajo, se rigieron en base a una valoración de calidad metodológica en la escala de PEDro, la cual indica la validez del artículo según una puntuación, sabiendo que el valor debía ser igual o mayor a 6 para su uso en la presente investigación. Se obtuvo 5 artículos con la puntuación de 6, 24 artículos con la puntuación de 7 y 6 artículos con la puntuación de 8.

3.11 Análisis de artículos científicos según la escala de PEDro

Tabla 1 Valoración con la escala de PEDro.

N.	Tutor y año	Título del Artículo	Título traducido al español	Base de Datos	Escala de PEDro
1	(Santanielo, et al.,2020)	Effect of resistance training to muscle failure vs non-failure on strength, hypertrophy and muscle architecture in trained individuals.	Efecto del entrenamiento de resistencia al fallo muscular frente al no fallo sobre la fuerza, la hipertrofia y la arquitectura muscular en individuos entrenados.	Pubmed	8
2	(Lacerda et al., 2021)	Resistance training with different repetition duration to failure: effect on hypertrophy, strength and muscle activation.	Entrenamiento de resistencia con diferentes duraciones de repetición hasta el fallo: efecto sobre la hipertrofia, la fuerza y la activación muscular.	Pubmed	8
3	(Lasevicius et al., 2019)	Muscle Failure Promotes Greater Muscle Hypertrophy in Low-Load but Not in High-Load Resistance Training.	El fallo muscular promueve una mayor hipertrofia muscular en el entrenamiento de resistencia de baja carga, pero no en el de alta carga.	Pubmed	7

4	(Ruple et al., 2023)	The effects of resistance training to near failure on strength, hypertrophy, and motor unit adaptations in previously trained adults.	Los efectos del entrenamiento de resistencia hasta casi el fallo sobre la fuerza, la hipertrofia y las adaptaciones de las unidades motoras en adultos previamente entrenados.	Google Scholar	6
5	(Lacerda et al., 2019)	Is Performing Repetitions to Failure Less Important Than Volume for Muscle Hypertrophy and Strength?	¿Realizar repeticiones hasta el fallo es menos importante que el volumen para la hipertrofia y la fuerza muscular?	Pubmed	7
6	(Thomas Bjørnsen et al., 2019)	Delayed myonuclear addition, myofiber hypertrophy, and increases in strength with high-frequency low-load blood flow restricted training to volitional failure.	Adición mionuclear retardada, hipertrofia de miofibras y aumento de la fuerza con el entrenamiento restringido al flujo sanguíneo de alta frecuencia y baja carga hasta el volitivo.	Web of science	7

7	(Teodoro et al., 2019)	Concurrent training performed with and without repetitions to failure in older men: A randomized clinical trial.	Entrenamiento concurrente realizado con y sin repeticiones al fracaso en hombres mayores: Un ensayo clínico aleatorizado.	Web of science	8
8	(Pignanelli et al., 2020)	Low-load resistance training to task failure with and without blood flow restriction: muscular functional and structural adaptations.	Entrenamiento de resistencia de baja carga al fallo de la tarea con y sin restricción del flujo sanguíneo restricción: adaptaciones musculares funcionales y estructurales.	Web of science	7
9	(Sieljacks et al., 2019)	Non-failure blood flow restricted exercise induces similar muscle adaptations and less discomfort than failure protocols.	El ejercicio con restricción del flujo sanguíneo sin fallo induce adaptaciones musculares y menos molestias que los protocolos de fallo.	Pubmed	7
10	(van Vossel, K et al, 2023)	Muscle typology influences the number of repetitions to failure during resistance training.	La tipología muscular influye en el número de repeticiones hasta el fallo durante el entrenamiento de resistencia.	Pubmed	6

11	(Schoenfeld, Contreras, et al., 2019)	Resistance Training Volume Enhances Muscle Hypertrophy but Not Strength in Trained Men.	El volumen del entrenamiento de resistencia aumenta la hipertrofia muscular pero no la fuerza en hombres entrenados.	Pubmed	6
12	(Longo et al., 2022)	Volume Load Rather Than Resting Interval Influences Muscle Hypertrophy During High-Intensity Resistance Training.	El volumen de carga, más que el intervalo de descanso, influye en la hipertrofia muscular durante el entrenamiento de resistencia de alta intensidad.	Google Scholar	7
13	(Calatayud et al., 2021)	Safety, Fear and Neuromuscular Responses after a Resisted Knee Extension Performed to Failure in Patients with Severe Hemophilia.	Seguridad, miedo y respuestas neuromusculares tras una extensión de rodilla resistida realizada hasta el fallo en pacientes con hemofilia grave.	Pubmed	6
14	(Neves et al., 2018)	Repetitions to failure versus not to failure during concurrent training in healthy elderly men: A randomized clinical trial.	Repeticiones hasta el fallo versus no hasta el fallo durante el entrenamiento concurrente en hombres sanos de edad avanzada: Un ensayo clínico aleatorizado.	Science Direct	7

15	(Fonseca et al., 2020)	Acute effects of equated volume-load resistance training leading to muscular failure versus non-failure on neuromuscular performance.	Efectos agudos sobre el rendimiento neuromuscular del entrenamiento de resistencia con carga de volumen igualada que conduce al fallo muscular frente al no fallo.	Science Direct	7
16	(Krzysztofik et al., 2021)	A comparison of muscle activity of the dominant and non-dominant side of the body during low versus high loaded bench press exercise performed to muscular failure.	Una comparación de la actividad muscular del lado dominante y no dominante del cuerpo durante el ejercicio de press de banca con carga baja frente a alta realizado hasta el fallo muscular.	Science Direct	8
17	(Armes et al., 2020)	"Just One More Rep!" - Ability to Predict Proximity to Task Failure in Resistance Trained Persons.	"¡Sólo una repetición más!" - Capacidad de Predecir la proximidad del fracaso de la tarea en Personas Entrenadas en Resistencia.	Pubmed	7
18	(Damas et al., 2019)	Individual muscle hypertrophy and strength	Hipertrofia muscular individual y fuerza con frecuencias de entrenamiento de baja resistencia.	Web of Science	7

		Responses to high vs. Low resistance training frequencies.			
19	(Gomes et al., 2019)	High-Frequency Resistance Training Is Not More Effective Than Low-Frequency Resistance Training in Increasing Muscle Mass and Strength in Well-Trained Men.	El entrenamiento de resistencia de alta frecuencia no es más eficaz que el de baja frecuencia para aumentar la masa muscular y la fuerza en hombres bien entrenados.	Web of Science	7
20	(Bastos et al., 2022)	Set to fail: Affective dynamics in a resistance training program designed to reach muscle concentric failure.	Preparados para fallar: Dinámica afectiva en un programa de entrenamiento de resistencia diseñado para alcanzar el fallo concéntrico muscular.	Web of Science	7
21	(Martínez-Guardado et al., 2019)	Bench press performance during an intermittent hypoxic resistance training to muscle failure.	Rendimiento en press de banca durante un entrenamiento de resistencia hipóxico intermitente hasta el fallo muscular.	Pubmed	7
22	(González-Hernández et al., 2020)	Resistance Training to Failure vs. Not to Failure: Acute and Delayed Markers of	Entrenamiento de resistencia hasta el fallo y no hasta el fallo: Marcadores agudos y retardados de fatiga mecánica, neuromuscular y bioquímica.	Web of Science	

		Mechanical, Neuromuscular, and Biochemical Fatigue.			7
23	(Dinyer et al., 2019)	Low-Load vs. High-Load Resistance Training to Failure on One Repetition Maximum Strength and Body Composition in Untrained Women.	Entrenamiento de resistencia de baja carga frente a alta carga hasta el fallo en la fuerza máxima de una repetición y la composición corporal en mujeres no entrenadas.	Web of Science	6
24	(Bjørnsen et al., 2021)	Frequent blood flow restricted training not to failure and to failure induces similar gains in myonuclei and muscle mass.	El entrenamiento frecuente con restricción del flujo sanguíneo no hasta el fallo y hasta el fallo induce ganancias similares de mionúcleos y masa muscular.	Pubmed	7
25	(Stefanaki et al., 2019)	Comparing the effects of low and high load resistance exercise to failure on adaptive responses to resistance exercise in young women.	Comparación de los efectos del ejercicio de resistencia con carga baja y alta hasta el fallo en las respuestas adaptativas al ejercicio de resistencia en jóvenes.	Web of Science	7
26	(Azevedo et al., 2022)	Effect of different eccentric tempos on	Efecto de diferentes tempos excéntricos sobre la hipertrofia y la fuerza de los miembros inferiores.		

		hypertrophy and strength of the lower limbs.		Pubmed	7
27	(Nobrega et al., 2018)	Effect of resistance training to muscle failure versus volitional interruption at high- and low-intensities on muscle mass and strength.	Efecto del entrenamiento de resistencia hasta el fallo muscular frente a la interrupción voluntaria a altas y bajas intensidades sobre la masa y la fuerza muscular.	Pubmed	7
28	(Divino et al., 2019)	Resistance training performed to failure or not to failure results in similar total volume, but with different fatigue and discomfort levels.	El entrenamiento de resistencia realizado al fallo o no al fallo produce un volumen total similar, pero con diferentes niveles de fatiga y malestar.	Pubmed	7
29	(Cadore et al., 2018)	Functional and physiological adaptations following concurrent training using sets with and without concentric failure in	Adaptaciones funcionales y fisiológicas tras el entrenamiento concurrente utilizando series con y sin fallo concéntrico en hombres de edad avanzada: Un ensayo clínico aleatorizado.	Web of Science	7

		elderly men: A randomized clinical trial.			
30	(Boyle et al., 2019)	Type 1 Muscle Fiber Hypertrophy after Blood Flow–restricted Training in Powerlifters.	Hipertrofia de fibras musculares de tipo 1 tras un entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo en levantadores de potencia.	Pubmed	7
31	(Hackett et al., 2018)	Estimation of Repetitions to Failure for Monitoring Resistance Exercise Intensity: Building a Case for Application.	Estimación de las repeticiones hasta el fallo para controlar la intensidad del ejercicio de resistencia: Argumentos para su aplicación.	Pubmed	7
32	(Morton et al., 2019)	Muscle fibre activation is unaffected by load and repetition duration when resistance exercise is performed to task failure.	La activación de las fibras musculares no se ve afectada por la carga y la duración de las repeticiones cuando los ejercicios de resistencia se realizan hasta el fallo de la tarea.	Pubmed	7
33	(Scarpelli et al., 2022)	Muscle Hypertrophy Response Is Affected by Previous	La respuesta de hipertrofia muscular se ve afectada por el volumen de entrenamiento de resistencia previo en individuos entrenados.		

		Resistance Training Volume in Trained Individuals.		Web of Science	7
34	(Lasevicius et al., 2018)	Effects of different intensities of resistance training with equated volume load on muscle strength and hypertrophy.	Efectos de diferentes intensidades de entrenamiento de resistencia con carga de volumen igualada sobre la fuerza muscular y la hipertrofia.	Web of Science	8
35	(Propp et al., 2023)	Neuromuscular Responses to Failure vs Non-Failure During Blood Flow Restriction Training in Untrained Females.	Respuestas neuromusculares al fallo y al no fallo durante el entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo en mujeres no entrenadas.	Pubmed	8

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Tabla 2. *Resultados de los artículos analizados.*

N.	Autor	Tipo de Estudio	Población	Intervención	Resultados
1	(Santanielo et al., 2020)	ECA	14 participantes	Se realizó un RT-F (entrenamiento de resistencia hasta llegar al fallo muscular) y RT-NF (sin fallo muscular) aleatoriamente de 10 semanas para poder identificar si existe cambios en la musculatura, fuerza y activación del vasto lateral.	De acuerdo a la fuerza muscular no se encontró ninguna ventaja en RT-F en comparación con el RT-NF. Mientras el ejercicio se realice hasta llegar a una fatiga considerable, (1 o 2 repeticiones antes del fallo) el aumento de activación y masa serán similares al grupo de RT-F. Ambos programas fueron efectivos para inducir a la hipertrofia.
2	(Lacerda et al., 2021)	ECA	10 participantes	Se realizó dos protocolos de entrenamiento de fuerza de 14 semanas con diferente duración de repetición (RD) de 2 o 6 segundos realizados hasta la falla muscular (MF) sobre las ganancias de hipertrofia muscular de las piernas.	Los protocolos de entrenamiento con diferente rango de duración de las repeticiones (RD) proporcionaron ganancias similares de hipertrofia muscular.
3	(Lasevicius et al., 2019)	ECA	25 participantes	Programa de entrenamiento de resistencia de 8 semanas en músculos de los cuádriceps con cargas altas y bajas,	Concluye que cuando se entrena con cargas bajas o medianas hasta llegar al fallo parece tener una mayor importancia que el volumen total de entrenamiento en el aumento de masa

				alcanzando y sin alcanzar el fallo muscular.	muscular, mientras que en las cargas altas llegar al fallo muscular no promueve ningún beneficio adicional.
4	(Ruple et al., 2023)	ECA	19 participantes	G1: 10 participantes fueron asignados a un programa de entrenamiento de bajas repeticiones RIR bajo (repeticiones cerca al fallo muscular). G2: 9 participantes fueron asignados a un programa de entrenamiento de altas repeticiones RIR alto (repeticiones lejanas del fallo muscular).	El entrenamiento de resistencia con repeticiones cercanas al fallo muscular ayuda a ganancias en la fuerza e hipertrofia muscular en comparación con el entrenamiento no cercano al fallo.
5	(Lacerda et al., 2019)	ECA	10 participantes	Programa de entrenamiento de resistencia durante 14 semanas en el miembro inferior sin llegar al fallo muscular (NFM) y llegando al fallo muscular (FM), asignados de forma aleatoria. Participantes asignados aleatoriamente en grupos de 5.	Las respuestas no fueron significativas en los músculos de los cuádriceps entre el grupo de MF y NFM, ambos protocolos de entrenamiento fueron igualmente efectivos para inducir cambios en la fuerza y la hipertrofia muscular.
6	(Thomas Bjørnsen et al., 2019)	ECA	16 participantes	Programa de entrenamiento de resistencia con flujo sanguíneo restringido de alta frecuencia (BFRRE) hasta el fallo voluntario en los músculos del cuádriceps.	El ejercicio de resistencia con flujo sanguíneo restringido de carga baja y alta frecuencia hasta el fallo muscular (HF-BFRRE) puede provocar aumentos sólidos en el número de células satélite, junto con ganancias en el tamaño y la fuerza de los músculos.
7	(Teodoro et al., 2019)	ECA	32 participantes	Entrenamiento simultáneo de 2 días por semana durante 20 semanas con repeticiones sin llegar y llegando al fallo	Después del entrenamiento de 20 semanas no hubo aumentos significativos del grosor en el músculo cuádriceps en todos los grupos, no se

				<p>muscular en las extremidades inferiores(cuádriceps) Participantes asignados al azar en tres grupos:</p> <p>G1(9): repeticiones hasta el fallo.</p> <p>G2(12): repeticiones sin llegar al fallo, con el 50% de volumen de entrenamiento del G1.</p> <p>G3 (11): repeticiones hasta el fallo, con igual volumen de entrenamiento del G1.</p>	<p>observaron diferencias significativas entre los grupos en ningún resultado.</p> <p>El entrenamiento concurrente con repeticiones hasta el fallo muscular no promovió beneficios adicionales para el grosor muscular.</p>
8	(Pignanelli et al., 2020)	ECA	10 participantes	<p>Programa de entrenamiento de resistencia de 6 semanas hasta el fallo muscular con y sin flujo sanguíneo restringido en miembros inferiores.</p> <p>Se realizó el entrenamiento con y sin restricción 3 veces por semana durante 6 semanas.</p>	<p>Después de finalizado los dos protocolos se observó un aumento del grosor del vasto lateral en ambas piernas, además los resultados en tamaño y fuerza muscular fueron similares.</p> <p>No se detectaron diferencias muy marcadas cuando se realiza el ejercicio al fallo a pesar de los diferentes factores intrínsecos en cada persona, por ejemplo, el volumen, numero de repeticiones etc.</p>
9	(Sieljacks et al., 2019)	ECA	16 participantes	<p>Entrenamiento durante 8 semanas que consistió en 22 series de ejercicio en la máquina de extensión de rodillas una pierna al azar realizó el ejercicio con restricción de flujo hasta el fallo muscular, mientras que la otra rodilla lo realizó con restricción de flujo, pero sin llegar al fallo.</p>	<p>Ambos grupos tuvieron un aumento muscular del cuádriceps, sin diferencias entre pierna. El entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo sin llegar al fallo permite aumentar el tamaño y la función muscular reduciendo las percepciones de esfuerzo y malestar.</p>

10	(van Vossel, K et al, 2023)	ECA	88 participantes	<p>Entrenamiento de resistencia hasta el fallo en extensión isométrica de rodillas divididas en grupos según su tipología muscular: pronunciada, lenta o rápida.</p> <p>G1: 44 realizaron flexiones y extensiones de pierna hasta el fallo (60%RM).</p> <p>G2: 21 realizaron flexiones y extensiones de bíceps adicionales (60%RM).</p> <p>G3: 23 realizaron extensiones de pierna y flexiones adicionales(80%RM).</p>	<p>Hubo una repetición débil pero significativa entre el tipo de fibra muscular y la fuerza isométrica que favoreció a los participantes de tipología rápida.</p> <p>El número de repeticiones estuvo relacionado con la tipología muscular en un 80%.</p> <p>Los individuos de tipología lenta, realizaron más repeticiones al fallo.</p> <p>En conclusión, la tipología muscular tiene una ligera contribución en la fuerza isométrica pero no en la fuerza dinámica y determina en parte el número de repeticiones hasta el fallo durante el entrenamiento de fuerza.</p>
11	(Schoenfeld, Contreras, et al., 2019)	ECA	34 participantes	<p>34 hombres fueron asignados aleatoriamente por grupos a un entrenamiento de resistencia que duró 8 semanas, 3 veces por semana.</p> <p>G1: 11 Grupo de bajo volumen, 1 serie por ejercicio.</p> <p>G2: 12 Grupo de volumen medio, 3 series por ejercicio.</p> <p>G3: 11 Grupo de volumen alto, 5 series por ejercicio.</p> <p>El entrenamiento se basó en cada ejercicio la realización de 8-12 repeticiones con llegando al fallo momentáneo en la fase concéntrica.</p>	<p>Los cambios en la fuerza y resistencia muscular fueron similares independientemente del volumen.</p> <p>Los mayores volúmenes de entrenamiento se asociaron a mayores aumentos de hipertrofia muscular.</p>

12	(Longo et al., 2022)	ECA	28 participantes	Programa de entrenamiento de resistencia de 10 semanas con largo y corto descanso entre series en extensiones de pierna realizado con diferentes cargas.	El área transversal de los cuádriceps aumentó significativamente para todos los protocolos. Se sugiere que mantener cargas altas en el entrenamiento es importante para la fuerza, mientras que un volumen juega un rol primario para la hipertrofia independientemente del tiempo de descanso.
13	(Calatayud et al., 2021)	ECA	12 participantes	Extensiones de rodilla hasta el fallo con mediana intensidad.	Los hallazgos de este estudio demuestran que el entrenamiento al fallo no es necesario para la activación máxima de los cuádriceps en los pacientes, y que se alcanza un nivel significativo de fatiga neuromuscular a intensidades moderadas. Los programas de fuerza pueden mejorar la hipertrofia y fuerza sin la necesidad de llegar al fallo muscular en la ejecución.
14	(Neves et al., 2018)	ECA	52 participantes	Programa de entrenamiento concurrente durante 12 semanas, 2 veces por semana realizado con repeticiones hasta el fallo concéntrico y no hasta el fallo para la musculatura de las extremidades inferiores, los participantes se dividieron aleatoriamente en 3 grupos: repeticiones hasta el fallo (RFG=17), repeticiones sin fallo (NFG=20), y repeticiones que no	Posterior al periodo de entrenamiento todos los grupos mejoraron de manera similar y significativa en fuerza e hipertrofia muscular. Los resultados sugieren que las repeticiones hasta el fallo concéntrico no proporcionan mayores ganancias en el rendimiento ni hipertrofia muscular, dando mayor importancia al volumen.

				llegaron al fallo con el mismo volumen del primer grupo (ENFG=15).	
15	(Fonseca et al., 2020)	ECA	10 participantes	Entrenamiento de resistencia de la parte inferior del cuerpo durante 6 semanas, 3 veces a la semana. Participantes divididos aleatoriamente en grupos de 5 para realizar un entrenamiento llegando y sin llegar al fallo muscular.	Se demostró que, al finalizar el entrenamiento de 6 semanas, el grupo que realizó repeticiones hasta el fallo mostró similares resultados en fuerza y masa muscular en comparación con el grupo de repeticiones sin llegar al fallo pese a la diferencia de volumen acumulado al finalizar el entrenamiento durante 6 semanas.
16	(Krzysztofik et al., 2021)	Estudio comparativo	10 participantes	Se realizó un ejercicio de press de banca para pecho, con un inicial de 80 % de su repetición máxima (RM) aumentando en cada intento de 2,5 a 10 kg, todos los participantes llegaron a su RM al quinto intento.	Al finalizar los 5 intentos con el peso máximo se logró identificar que, al llegar al fallo, existe una mayor activación muscular en su lado dominante, en este caso el lado derecho, lo cual no interfiere en la ganancia de masa muscular específicamente en los músculos pectorales.
17	(Armes et al., 2020)	ECA	24 participantes	Programa de ejercicios de resistencia en máquina de extensión de rodilla, con una serie de RM y dos series hasta llegar al fallo.	Al finalizar el programa de entrenamiento, en las series hasta la fatiga máxima, los participantes subestimaron el número de repeticiones que podía realizar hasta el fallo. Las percepciones de esfuerzo durante el ejercicio pueden no ser congruentes con el esfuerzo real lo cual, crea implicaciones sobre las adaptaciones deseadas como mejores en la hipertrofia muscular y fuerza.
18	(Damas et al., 2019)	ECA	20 participantes	Programa de entrenamiento de resistencia de 6 semanas de alta y baja frecuencia respectivamente, se seleccionó	Al cabo del entrenamiento de 6 semanas, la mayoría de participantes no mostraron mayores respuestas diferenciales en hipertrofia y fuerza

				aleatoriamente cuál de las 2 piernas de los participantes iba a realizar el entrenamiento con baja frecuencia (sin fallo muscular) y la otra de alta frecuencia (fallo muscular).	muscular en las diferentes frecuencias en el entrenamiento de resistencia.
19	(Gomes et al., 2019)	ECA	23 participantes	Programa de entrenamiento de resistencia de 8 semanas con rutinas de cuerpo completo en el que participaron los sujetos divididos aleatoriamente en 2 grupos: G1: Baja frecuencia (12) y G2: alta frecuencia (11).	Existió diferencias de dolor muscular entre los dos grupos, el grupo de baja frecuencia tuvo mayor dolor muscular al inicio, mitad y final de las ocho semanas. Ambas intervenciones incentivan la hipertrofia y fuerza muscular haciendo que el entrenamiento al fallo y no fallo puedan ser igualmente efectivas.
20	(Bastos et al., 2022)	ECA	43 participantes	Programa de entrenamiento de resistencia durante 5 semanas, con repeticiones alcanzando el fallo en la fase concéntrica con rutinas de las extremidades superiores.	Se obtuvo que los participantes que tuvieron una mayor predisposición para entrenar con dinámicas de entrenamiento más recreativas y afectivas, tuvieron mayores respuestas y ganancias en la masa magra cuando se llega al fallo muscular en la fase concéntrica.
21	(Martínez-Guardado et al., 2019)	ECA	25 participantes	Entrenamiento de resistencia realizado durante 3 semanas, con una sesión diaria cada semana en el press de banca para el pecho ejecutado hasta el fallo muscular, con una máscara de hipoxia.	El rendimiento para llegar al fallo muscular disminuyó conforme iba aumentando la fatiga, no se mostró diferencias significativas en el aumento de fuerza ni de masa muscular al llegar al fallo muscular ocupando la máscara de hipoxia, por lo que al llegar al fallo muscular no afecta en cuanto a objetivos de entrenamiento.

22	(González-Hernández et al., 2020)	ECA	12 participantes	Programa de entrenamiento de resistencia enfocada al fallo y no fallo muscular, realizado en dos sesiones cada una separada por una semana, la primera semana se basó en repeticiones al no fallo muscular y la siguiente en el fallo muscular de las extremidades inferiores.	Al cabo del programa de entrenamiento se obtuvo que: el protocolo sin fallo muscular estuvo asociado a un menor deterioro de las propiedades del músculo. Cuando es mayor la fatiga y se llega al fallo muscular mayor es la cantidad de daño muscular lo que podría ayudar a la hipertrofia muscular. Entrenamientos con fatiga reducida orientan más al desarrollo de potencia o fuerza muscular.
23	(Dinyer et al., 2019)	ECA	23 participantes	Programa de resistencia al fallo de 12 semanas de duración, divididos en dos grupos aleatoriamente. G1: carga baja (11). G2: carga alta (12).	El entrenamiento de resistencia al fallo con cargas bajas como altas no mostraron diferencias notorias de acuerdo al aumento de masa muscular, en cambio al entrenar con cargas bajas ayuda en el aumento de la fuerza total.
24	(Bjørnsen et al., 2021)	ECA	18 participantes	Se realizó un entrenamiento con fallo muscular en una pierna y en la otra pierna un entrenamiento sin fallo muscular, pero con restricción de flujo sanguíneo.	Al finalizar todo el protocolo de entrenamiento no se observó diferencias con gran diferencia en el tamaño de los cuádriceps en cualquier momento o durante el transcurso del estudio.
25	(Stefanaki et al., 2019)	ECA	13 participantes	Entrenamiento de resistencia durante 6 semanas llegando al fallo voluntario en ejercicios para cuádriceps y bíceps.	Al finalizar el programa de entrenamiento hubo aumento del grosor de los músculos del cuádriceps y bíceps braquial, pero este aumento de la musculatura varía dependiendo de la carga con la que se realice el ejercicio, lo cual

					dependió de la forma de entrenamiento que fue más agradable para los participantes.
26	(Azevedo et al., 2022)	ECA	10 participantes	Ejercicios de extensión de rodilla 2 veces por semana durante 8 semanas en la que, cada pierna fue asignada aleatoriamente para realizar la fase excéntrica de movimiento de 2 segundos y de 4 segundos.	Se observaron pequeños efectos en la mayoría de los músculos en base a la hipertrofia entre la duración de dos y cuatro segundos en la fase excéntrica, con excepción del vasto medial que tuvo un mayor crecimiento en la fase excéntrica más lenta. Sin embargo, las duraciones excéntricas de 2 y 4 segundos tienen efectos generales similares sobre las mejoras de masa muscular y fuerza.
27	(Nobrega et al., 2018)	ECA	27 participantes	Entrenamiento de resistencia con diferentes cargas en la máquina de extensión de piernas, 2 veces por semana durante 12 semanas. Se realizaron repeticiones al fallo en una pierna, y en la otra pierna se realizó repeticiones interrumpidas voluntariamente.	Con respecto a la hipertrofia muscular el grosor del vasto lateral aumentó en ambos casos sin diferencias notorias al cabo de las primeras 6 semanas de entrenamiento. Los protocolos de falla muscular junto con los de interrupción voluntaria fueron igualmente efectivos en inducir aumentos en la hipertrofia y en la ganancia de fuerza independientemente de la intensidad.
28	(Divino et al., 2019)	ECA	12 participantes	Protocolo de entrenamiento de resistencia llegando y sin llegar al fallo muscular divididos en dos grupos aleatoriamente durante 4 semanas, 3 veces por semana.	Al finalizar el protocolo de entrenamiento el número total de repeticiones fue similar entre los dos grupos. En los dos grupos hubo disminuciones significativas en la pérdida de velocidad en la ejecución de movimiento.

				<p>G1: 6 (Repeticiones has que la fuerza de impulso haya disminuido, pero sin llegar al fallo).</p> <p>G2: 6 (Repeticiones llegando al fallo muscular).</p> <p>El protocolo se realizó con ejercicios de sentadillas.</p>	<p>El protocolo de repeticiones llegando al fallo dio mayores percepciones de esfuerzo e incomodidad.</p> <p>No existieron diferencias significativas en ganancia de fuerza máxima.</p>
29	(Cadore et al., 2018)	ECA	52 participantes	<p>Entrenamiento de resistencia realizado 2 veces por semana por más de 13 semanas dividido en 3 grupos:</p> <p>G1: 17 (con repeticiones hasta el fallo).</p> <p>G2: 20 (repeticiones sin fallo).</p> <p>G3: 15 (repeticiones sin fallo con volumen total igual que el primer grupo).</p>	<p>Independientemente de realizar repeticiones al fallo en la fase concéntrica y mayores volúmenes, todos los grupos estudiados mostraron una mejor capacidad para realizar las actividades diarias, aumentando la fuerza muscular.</p> <p>No existe diferencia entre los efectos que produjeron los 3 diferentes enfoques de los grupos en base a la composición corporal e hipertrofia.</p>
30	(Boyle et al., 2019)	ECA	17 participantes	<p>Asignados aleatoriamente a un programa de resistencia con restricción de flujo sanguíneo divididos en dos grupos:</p> <p>G1: 9 repeticiones al fallo con restricción del flujo sanguíneo.</p> <p>G2: Repeticiones al fallo con -70% de su repetición máxima (RM).</p>	<p>Hubo un mínimo mayor aumento en las fibras tipo I del vasto externo en el grupo de repeticiones al fallo con restricción del flujo sanguíneo.</p> <p>Con respecto a las fibras tipo 2 no hubo diferencias significativas entre los 3 grupos.</p>
31	(Hackett et al., 2018)	ECA	48 participantes	<p>Entrenamiento en máquina de press de pecho en la que se busca examinar la</p>	<p>Las mejoras en la precisión de las repeticiones estimadas hacia el fallo durante los ejercicios de</p>

				<p>precisión de las repeticiones estimadas hacia el fallo, en comparación con las repeticiones reales hasta el fallo muscular.</p>	<p>resistencia son mínimas después de una sola sesión de entrenamiento.</p> <p>Se sugiere que la precisión de las repeticiones estimadas hacia el fallo es un método más apropiado para monitorear el rendimiento durante el ejercicio de resistencia.</p>
32	(Morton et al., 2019)	ECA	23	<p>Programa de ejercicios de resistencia al fallo con cargas pesadas y ligeras con duraciones de repetición normal, durante 7 semanas, 2 veces por semana.</p>	<p>Se observó que la realización del entrenamiento de resistencia hasta el fallo con cargas variables y duraciones de repetición convencionales no dio lugar a diferencias significativas.</p> <p>Realizar entrenamiento de resistencia al fallo con diferentes cargas no estimula ni genera mayores cambios en la activación muscular durante el ejercicio, por lo cual tampoco se logra estimular como se creía a una mayor hipertrofia muscular.</p>
33	(Scarpelli et al., 2022)	ECA	16 participantes	<p>Programa de entrenamiento de resistencia al fallo con cargas estandarizadas para todos los participantes durante 8 semanas.</p>	<p>Individualizar los niveles de carga en el entrenamiento al fallo puede producir mayores respuestas en la hipertrofia muscular en comparación con un volumen semanal estándar.</p> <p>Se debe realizar incrementos progresivos y moderados de carga en lugar de incrementos abruptos para lograr mayores ganancias hipertróficas.</p>

34	(Lasevicius et al., 2018)	ECA	30 participantes	<p>Protocolo de entrenamiento de resistencia al fallo, realizados 2 veces por semana por 12 semanas. Un brazo y una pierna se seleccionaron para trabajar al 80 % de la repetición máxima (RM) y el otro brazo y pierna se trabajó con el 20% RM.</p>	<p>No se observaron diferencias significativas en ninguna variable de interés entre los grupos al inicio del estudio.</p> <p>El resultado para todos los grupos fue similar para los ejercicios de flexión unilateral del codo y prensa unilateral de piernas durante todo el estudio con respecto a fuerza.</p> <p>El grosor muscular del lado que realizó las repeticiones con el 80%RM tuvo una mínima diferencia que con el grupo que trabajó al 20% RM.</p>
35	(Propp et al., 2023)	ECA	12 participantes	<p>Entrenamiento de resistencia al fallo y no fallo muscular con restricción del flujo sanguíneo en la máquina de extensiones de rodilla, en el que se designó aleatoriamente una pierna que realizo el ejercicio, hasta el fallo y la otra hasta el no fallo muscular.</p>	<p>Al finalizar el protocolo los resultados del entrenamiento indicaron que, en general los protocolos con restricción del flujo sanguíneo llevados hacia el fallo y no fallo muscular provocaron cambios similares en la amplitud y la frecuencia del músculo medido por una electromiografía.</p> <p>En conjunto, los resultados indicaron que tanto las repeticiones con restricción del flujo sanguíneo llevados hasta el fallo y sin llegar al fallo muscular provocaron respuestas neuromusculares y de fatiga similares.</p>

Interpretación

La mayoría de autores coinciden que el entrenamiento al fallo no produce diferencias contundentes versus el entrenamiento que no alcanza el fallo muscular en base a la hipertrofia, además que, estas pequeñas diferencias se ven poco afectadas con variables en entrenamiento como por ejemplo la carga, número de repeticiones o el volumen.

4.2 Discusión

En el entrenamiento contra la resistencia, una variable muy usada son las repeticiones llevadas al fallo muscular, adaptadas a los objetivos individuales de cada deportista dentro del contexto del entrenamiento, por ejemplo, ganancias de musculatura. Esta variable implica llevar el músculo involucrado a un estado de fatiga máxima en el que la repetición del ejercicio ya no puede ser replicada.

Hackett et al. (2018), recomienda la precisión en la ejecución de las repeticiones estimadas hacia el fallo muscular al llevar a cabo un protocolo de entrenamiento de resistencia. Este método es apropiado para monitorear el rendimiento del deportista durante el ejercicio, es decir, contar las repeticiones hasta que el músculo alcance el punto de fatiga muscular.

Autores como Santaniello et al. (2020) & Lacerda et al. (2019), Teodoro et al. (2019) & Pignanelli et al. (2020), llegaron a una misma conclusión en sus respectivas investigaciones. Afirman que, en el protocolo de entrenamiento contra resistencia, las repeticiones llevadas al fallo, junto con las repeticiones cercanas o detenidas voluntariamente, muestran resultados igual de efectivos, fomentando así el crecimiento muscular en las personas participantes.

Catayud et al. (2022), en su estudio propuso que, el entrenamiento al fallo no es necesario para la activación máxima del músculo trabajado, ya que se alcanza un nivel significativo de fatiga muscular cuando se maneja también intensidades moderadas.

Según la investigación realizada por Thomas Bjørnsen et al. (2019), también se puso a prueba la restricción del flujo sanguíneo en el entrenamiento contra la resistencia en repeticiones inducidas hacia el fallo muscular. Se demostró que, como complemento al fallo muscular con cargas bajas, no provoca un cambio significativo en la hipertrofia y la fuerza muscular.

Por otro lado Sijlacks et al. (2019) afirma que, cuando no se llega al fallo con la restricción, la sensación de malestar y sobre esfuerzo al finalizar el ejercicio es reducida en comparación con los ejercicios llevados hacia el fallo después de horas de descanso.

El resultado obtenido por Boyle et al. (2019), al trabajar con restricción del paso de la sangre las fibras tipo I tienden a mostrar un ligero aumento en estrés y fatiga a comparación con las de tipo II en el entrenamiento incitado al fallo muscular.

En el estudio de Propp et al. (2023), se indica que, los protocolos con restricción del flujo sanguíneo llevados hacia el fallo y no fallo muscular provocaron cambios similares en la

amplitud muscular de los músculos trabajados. Ambos protocolos también provocan respuestas neuromusculares y de fatiga similares.

Otros investigadores analizaron otras variables de entrenamiento que son importantes dentro del entrenamiento para la hipertrofia muscular llevado al fallo. Lacerda et al. (2021), señala que, el rango variado de las repeticiones proporciona ganancias similares de hipertrofia. Además, Lasevicius et al. (2018) & Fink et al. (2019), argumentan que, cuando se ejecuta el ejercicio con cargas bajas instigado hasta el fallo muscular parece tener una mayor importancia que el volumen total de entrenamiento con respecto a la fuerza.

Longo (2022), sugiere que mantener cargas altas en el entrenamiento es importante para la fuerza mientras el volumen juega un rol importante para la hipertrofia muscular, independientemente del tiempo que se descansa entre ejercicios.

Gonzales-Hernández et al (2020), en su investigación concluyen que: cuando es mayor la fatiga y se llega al fallo muscular, mayor es el daño muscular, lo que podría ayudar a la hipertrofia, mientras que los entrenamientos con la fatiga reducida orientan más al desarrollo de la fuerza muscular, una conclusión similar a Dinyer et al (2019), en la que se constató que el entrenar también con cargas bajas ayuda en el aumento de la fuerza total mas no a la hipertrofia.

Mang et al. (2022), argumenta combinar semanalmente tanto las repeticiones llegando y sin llegar al fallo muscular para fines hipertróficos, ya que brindan los mismos resultados.

Azevedo et al. (2022), estudió la variable del tiempo de duración de las fases excéntricas del ejercicio específicamente de 2 y 4 segundos, y encontraron que estas variaciones de tiempo en el entrenamiento al fallo con fines hipertróficos generan efectos similares sobre las mejoras.

Por último Scarpelli et al. (2022), sugiere realizar y priorizar un entrenamiento con sobrecarga progresiva con el fin de evitar sobreesfuerzos abruptos y así con el tiempo lograr un mayor reclutamiento y rompimiento de fibras musculares y consecuentemente mayores ganancias hipertróficas ya sea llevando el entrenamiento al fallo o sin llegar al fallo muscular.

A través del análisis de las conclusiones publicadas por los distintos autores de la investigación, se pudo determinar que los efectos del entrenamiento al fallo para la hipertrofia muscular en deportistas no son significativos. La mayoría de autores coinciden que los beneficios de entrenar al fallo y no entrenar al fallo no generan grandes diferencias y que su aporte hacia la hipertrofia muscular es similar.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

5.1 Conclusiones

La opinión generalizada entre diversos autores es que, los beneficios del entrenamiento al fallo para la hipertrofia muscular en deportistas no son concluyentes, ya que ambos métodos, ya sea llegando al fallo y sin llegar al fallo, contribuyen de manera similar al proceso de aumento de la musculatura.

Esta perspectiva, sostenida por diversos autores, sugiere que, la elección entre llevar a los músculos a la fatiga completa o detenerse antes no altera de ninguna manera en términos de ganancia muscular.

Se señala que, distintos factores juegan un papel crucial en el desarrollo muscular, independientemente del enfoque de entrenamiento. Por tal motivo, se destaca la importancia de la adaptación al programa de entrenamiento, a las necesidades y capacidades de cada deportista, así como a sus objetivos deportivos ya sea de corto mediano y largo plazo. Además, se destaca que este tipo de entrenamiento debe ser puesto en práctica en personas con un entrenamiento previo. El entrenamiento al fallo debe ser practicado por una población con cuerpos ya entrenados, con el fin de evitar lesiones musculoesqueléticas.

CAPÍTULO VI. PROPUESTA

6.1 Propuesta

Se propone realizar un taller teórico práctico a los estudiantes de 4 semestre de la Carrera de Fisioterapia con el objetivo de explicar acerca de los efectos del entrenamiento al fallo para la hipertrofia muscular en deportistas, siendo un recurso útil que se puede aplicar en la dosificación de ejercicio en pacientes en los que se busca el aumento de la musculatura para fines rehabilitadores.

1.-PORTADA- DATOS INFORMATIVOS

1.1.- Institución: Universidad Nacional de Chimborazo.

1.2.- Área: Salud y bienestar

1.3.- Tema: Taller teórico práctico sobre los efectos del entrenamiento al fallo para la hipertrofia muscular.

1.4 Participantes o población: Estudiantes de cuarto semestre que cursan la cátedra de Fisioterapia deportiva en la carrera de Fisioterapia de la Universidad Nacional de Chimborazo.

1.5.-Fecha: 20 de marzo del 2024.

2.- INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de mejorar el rendimiento físico y el desarrollo de la musculatura, los atletas y entrenadores han explorado diversas estrategias y métodos de ejecución de entrenamiento. Entre ellos, el entrenamiento al fallo muscular ha generado un gran interés y controversia.

3.- Planteamiento del problema

A pesar de la popularidad de este tipo de entrenamiento entre deportistas y entrenadores, aún quedan inquietudes sobre su impacto en el desarrollo hipertrófico, así como sus implicaciones en la salud y el rendimiento deportivo a corto y largo plazo.

Por lo tanto, es muy importante abordar este tema de manera rigurosa. Las dudas, incertidumbres y contradicciones que genera esta práctica se deben profundizar con el objetivo de proporcionar una mejor orientación y brindar recomendaciones puntuales para los deportistas, entrenadores y futuros profesionales.

4.- Objetivos

- Desarrollar un taller teórico práctico dirigido a los estudiantes de 4 semestre de la carrera de fisioterapia mediante la socialización de información con fuentes válidas y científicas acerca de los efectos del entrenamiento al fallo para la hipertrofia muscular en deportistas.

5.- Actividades o Plan de trabajo

Etapas del trabajo detalladas con un cronograma.

Tabla 3. Cronograma de actividades de la propuesta

FECHA	ACTIVIDAD	OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD	EXPLICACIÓN	META %	OBSERVACIONES
20/03/2024 15:00pm/ 17:00 pm	Charla sobre las generalidades del músculo esquelético.	Explicar las generalidades del músculo.	Diapositivas Proyector Computador	25%	Sin costo
	Charla sobre los tipos de contracciones musculares, tipos de fallo muscular y variables dentro del entrenamiento	Fomentar el conocimiento del tema.	Diapositivas Proyector Computador	25%	Sin costo

21/03/2024 15:00pm/ 17:00pm	Charla sobre la suplementación deportiva y efectos que produce el entrenamiento o al fallo.	Informar sobre los principales suplementos usados por los deportistas, y citar los efectos del entrenamiento o al fallo.	Diapositivas Proyector Computador	25%	Sin costo
	Practica: Ejercicio físico	Demostrar mediante un ejercicio como se produce el fallo muscular.	Mancuernas	25%	Sin costo
TOTAL				100%	

6.- Metodología

Se utilizará las exposiciones teóricas y un ejercicio práctico mediante los cuales se logrará alcanzar los objetivos de la problemática planteada.

7.- Recursos

7.1 Talentos Humanos: Carlos Tovar (estudiante)

7.2 Físicos (locales, instalaciones, equipo y otros recursos): Lab H300 de fisioterapia, proyector, computador.

7.3 Presupuesto: N/A

8.- Referencias o bibliografía

Adjuntas en la bibliografía general

BIBLIOGRAFÍA

- Abreu, R., Oliveira, C. B., Costa, J. A., Brito, J., & Teixeira, V. H. (2023). Effects of dietary supplements on athletic performance in elite soccer players: a systematic review. In *Journal of the International Society of Sports Nutrition* (Vol. 20, Issue 1). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/15502783.2023.2236060>.
- Alvarez-Nemegyei, J., Pacheco-Pantoja, E., González-Salazar, M., López-Villanueva, R. F., May-Kim, S., Martínez-Vargas, L., & Quintal-Gutiérrez, D. (2020). Association between Overweight/Obesity and Clinical Activity in Rheumatoid Arthritis. *Reumatologia Clinica*, 16(6), 462–467. <https://doi.org/10.1016/j.reuma.2018.11.005>.
- Azevedo, P. H. S. M., Oliveira, M. G. D., & Schoenfeld, B. J. (2022). Effect of different eccentric tempos on hypertrophy and strength of the lower limbs. *Biology of Sport*, 39(2), 443–449. <https://doi.org/10.5114/BIOLSPORT.2022.105335>.
- Bagheri, R., Forbes, S. C., Candow, D. G., & Wong, A. (2021). Effects of branched-chain amino acid supplementation and resistance training in postmenopausal women. *Experimental Gerontology*, 144. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2020.111185>.
- Benford, J., Hughes, J., Waldron, M., & Theis, N. (2021.). *Concentric versus eccentric training: effect on muscle strength, regional morphology and architecture*.
- Burd, N. A., Beals, J. W., Martinez, I. G., Salvador, A. F., & Skinner, S. K. (2019). Food-First Approach to Enhance the Regulation of Post-exercise Skeletal Muscle Protein Synthesis and Remodeling. In *Sports Medicine* (Vol. 49, pp. 59–68). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-1009-y>.
- Burke, R., Piñero, A., Coleman, M., Mohan, A., Sapuppo, M., Augustin, F., Aragon, A. A., Candow, D. G., Forbes, S. C., Swinton, P., & Schoenfeld, B. J. (2023). The Effects of Creatine Supplementation Combined with Resistance Training on Regional Measures

- of Muscle Hypertrophy: A Systematic Review with Meta-Analysis. In *Nutrients* (Vol. 15, Issue 9). MDPI. <https://doi.org/10.3390/nu15092116>.
- Caremani, M., & Reconditi, M. (2022). Anisotropic Elasticity of the Myosin Motor in Muscle. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(5). <https://doi.org/10.3390/ijms23052566>.
- Chen, L., Zhang, Z., Huang, Z., Yang, Q., Gao, C., Ji, H., Sun, J., & Li, D. (2023). Meta-Analysis of the Effects of Plyometric Training on Lower Limb Explosive Strength in Adolescent Athletes. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 20, Issue 3). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijerph20031849>.
- Gonzalez, D. E., McAllister, M. J., Waldman, H. S., Ferrando, A. A., Joyce, J., Barringer, N. D., Dawes, J. J., Kieffer, A. J., Harvey, T., Kerksick, C. M., Stout, J. R., Ziegenfuss, T. N., Zapp, A., Tartar, J. L., Heilesen, J. L., VanDusseldorp, T. A., Kalman, D. S., Campbell, B. I., Antonio, J., & Kreider, R. B. (2022). International society of sports nutrition position stand: tactical athlete nutrition. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 19(1), 267–315. <https://doi.org/10.1080/15502783.2022.2086017>.
- Grgic, J., Lazineca, B., Schoenfeld, B. J., & Pedisic, Z. (2020). Test–Retest Reliability of the One-Repetition Maximum (1RM) Strength Assessment: a Systematic Review. In *Sports Medicine - Open* (Vol. 6, Issue 1). Springer. <https://doi.org/10.1186/s40798-020-00260-z>.
- Hackett, D. A., Cogley, S. P., & Halaki, M. (2018). ESTIMATION OF REPETITIONS TO FAILURE FOR MONITORING RESISTANCE EXERCISE INTENSITY: BUILDING A CASE FOR APPLICATION. <https://journals.lww.com/nsca-jscr>.
- Hody, S., Croisier, J. L., Bury, T., Rogister, B., & Leprince, P. (2019). Eccentric muscle contractions: Risks and benefits. In *Frontiers in Physiology* (Vol. 10, Issue MAY). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00536>.

- Iraki, J., Fitschen, P., Espinar, S., & Helms, E. (2019). Nutrition recommendations for bodybuilders in the off-season: A narrative review. In *Sports* (Vol. 7, Issue 7). MDPI. <https://doi.org/10.3390/sports7070154>.
- Iversen, V. M., Norum, M., Schoenfeld, B. J., & Fimland, M. S. (2021). No Time to Lift? Designing Time-Efficient Training Programs for Strength and Hypertrophy: A Narrative Review. In *Sports Medicine* (Vol. 51, Issue 10, pp. 2079–2095). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01490-1>.
- Krzysztofik, M., Wilk, M., Wojdała, G., & Gołaś, A. (2019). Maximizing muscle hypertrophy: A systematic review of advanced resistance training techniques and methods. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 16, Issue 24). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijerph16244897>.
- Lacio, M., Vieira, J. G., Trybulski, R., Campos, Y., Santana, D., Filho, J. E., Novaes, J., Vianna, J., & Wilk, M. (2021). Effects of resistance training performed with different loads in untrained and trained male adult individuals on maximal strength and muscle hypertrophy: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(21), 1–19. <https://doi.org/10.3390/ijerph182111237>.
- Lim, C., Nunes, E. A., Currier, B. S., McLeod, J. C., Thomas, A. C. Q., & Phillips, S. M. (2022). An Evidence-Based Narrative Review of Mechanisms of Resistance Exercise-Induced Human Skeletal Muscle Hypertrophy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 54(9), 1546–1559. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002929>.
- Master, P. B. Z., & Macedo, R. C. O. (2021). Effects of dietary supplementation in sport and exercise: a review of evidence on milk proteins and amino acids. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 61, Issue 7, pp. 1225–1239). Bellwether Publishing, Ltd. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1756216>.

- McLeod, J. C., Currier, B. S., Lowisz, C. V., & Phillips, S. M. (2023). The influence of resistance exercise training prescription variables on skeletal muscle mass, strength, and physical function in healthy adults: An umbrella review. In *Journal of Sport and Health Science*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2023.06.005>.
- Menargues-Ramírez, R., Sospedra, I., Holway, F., Hurtado-Sánchez, J. A., & Martínez-Sanz, J. M. (2022). Evaluation of Body Composition in CrossFit® Athletes and the Relation with Their Results in Official Training. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17). <https://doi.org/10.3390/ijerph191711003>.
- Mertz, K. H., Reitelseder, S., Bechshoeft, R., Bulow, J., Højfeldt, G., Jensen, M., Schacht, S. R., Lind, M. V., Rasmussen, M. A., Mikkelsen, U. R., Tetens, I., Engelsen, S. B., Nielsen, D. S., Jespersen, A. P., & Holm, L. (2021). The effect of daily protein supplementation, with or without resistance training for 1 year, on muscle size, strength, and function in healthy older adults: A randomized controlled trial. *American Journal of Clinical Nutrition*, 113(4), 790–800. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqaa372>.
- Miklavc, P., & Frick, M. (2020). Actin and Myosin in Non-Neuronal Exocytosis. In *Cells* (Vol. 9, Issue 6). NLM (Medline). <https://doi.org/10.3390/cells9061455>.
- Moesgaard, L., Beck, M. M., Christiansen, L., Aagaard, P., & Lundbye-Jensen, J. (2022). Effects of Periodization on Strength and Muscle Hypertrophy in Volume-Equated Resistance Training Programs: A Systematic Review and Meta-analysis. In *Sports Medicine* (Vol. 52, Issue 7, pp. 1647–1666). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01636-1>.
- Mukund, K., & Subramaniam, S. (2020). Skeletal muscle: A review of molecular structure and function, in health and disease. In *Wiley Interdisciplinary Reviews: Systems Biology and Medicine* (Vol. 12, Issue 1). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/wsbm.1462>

- Munz, B. (2019). *ARTÍCULO DE REVISIÓN Machine Translated by Google*.
<https://doi.org/10.1007/s40279-019-01070-4>.
- Nakamichi, R., & Asahara, H. (2021). Regulation of tendon and ligament differentiation.
Bone, *143*. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2020.115609>.
- Nas, A., Büsing, F., Hägele, F. A., Müller, M. J., Bosy-Westphal, A., & Hasler, M. (2020). Impact of energy turnover on fat balance in healthy young men during energy balance, energetic restriction and overfeeding. *British Journal of Nutrition*, *123*(1), 30–40.
<https://doi.org/10.1017/S0007114519002551>.
- Nieman, D. C., Zwetsloot, K. A., Simonson, A. J., Hoyle, A. T., Wang, X., Nelson, H. K., Lefranc-Millot, C., & Guérin-Deremaux, L. (2020). Effects of whey and pea protein supplementation on post-eccentric exercise muscle damage: A randomized trial. *Nutrients*, *12*(8), 1–14. <https://doi.org/10.3390/nu12082382>.
- Oikawa, S. Y., Brisbois, T. D., van Loon, L. J. C., & Rollo, I. (2021). Eat like an athlete: insights of sports nutrition science to support active aging in healthy older adults. In *GeroScience* (Vol. 43, Issue 5, pp. 2485–2495). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s11357-021-00419-w>.
- Paoli, A., Cenci, L., Pompei, P. L., Sahin, N., Bianco, A., Neri, M., Caprio, M., & Moro, T. (2021). Effects of two months of very low carbohydrate ketogenic diet on body composition, muscle strength, muscle area, and blood parameters in competitive natural body builders. *Nutrients*, *13*(2), 1–14. <https://doi.org/10.3390/nu13020374>.
- Perea-Caballero, A. L., López-Navarrete, G. E., Perea-Martínez, A., Reyes-Gómez, U., Santiago-Lagunes, L. M., Ríos-Gallardo, P. A., & De la Paz-Morales, C. (2020). Importancia de la Actividad Física. *Revista Médico-Científica de La Secretaría de Salud Jalisco*, 2012–2013.
- Piaggi, P. (2019). Metabolic Determinants of Weight Gain in Humans. In *Obesity* (Vol. 27,

- Issue 5, pp. 691–699). Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1002/oby.22456>.
- Plotkin, D. L., Delcastillo, K., Van Every, D. W., Tipton, K. D., Aragon, A. A., & Schoenfeld, B. J. (2021). Isolated leucine and branched-chain amino acid supplementation for enhancing muscular strength and hypertrophy: A narrative review. In *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* (Vol. 31, Issue 3, pp. 292–301). Human Kinetics Publishers Inc. <https://doi.org/10.1123/IJSNEM.2020-0356>.
- Proppe, C. E., Aldeghi, T. M., Rivera, P. M., Gonzalez-Rojas, D. H., & Hill, E. C. (2023). Neuromuscular Responses to Failure vs Non-Failure During Blood Flow Restriction Training in Untrained Females. <http://www.intjexersci.com>
- Roberts, M. D., Haun, C. T., Vann, C. G., Osburn, S. C., & Young, K. C. (2020). Sarcoplasmic Hypertrophy in Skeletal Muscle: A Scientific “Unicorn” or Resistance Training Adaptation? *Frontiers in Physiology*, *11*. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00816>.
- Ruple, B. A., Plotkin, D. L., Smith, M. A., Godwin, J. S., Sexton, C. L., McIntosh, M. C., Kontos, N. J., Beausejour, J. P., Pagan, J. I., Rodriguez, J. P., Sheldon, D., Knowles, K. S., Libardi, C. A., Young, K. C., Stock, M. S., & Roberts, M. D. (2023). The effects of resistance training to near failure on strength, hypertrophy, and motor unit adaptations in previously trained adults. *Physiological Reports*, *11*(9). <https://doi.org/10.14814/phy2.15679>.
- Salvador, P., & Molina, V. (2019). *Planificación , Programación y Periodización de la Hipertrofia*.
- Scarpelli, M. C., Nóbrega, S. R., Santaniello, N., Alvarez, I. F., Otoboni, G. B., Ugrinowitsch, C., & Libardi, C. A. (2022). Muscle Hypertrophy Response Is Affected by Previous Resistance Training Volume in Trained Individuals. *Journal of Strength and*

Conditioning Research, 36(4), 1153–1157.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003558>.

Schoenfeld, B. (2019). *Science and development of muscle hypertrophy*.

Schoenfeld, B. 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).

<https://doi.org/10.3390/sports9020032>.

Squire, J. (2019). Special issue: The actin-myosin interaction in muscle: Background and overview. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 20, Issue 22). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijms20225715>.

Stricker, P. R., Faigenbaum, A. D., & McCambridge, T. M. (2020). Resistance training for children and adolescents. *Pediatrics*, 145(6). <https://doi.org/10.1542/peds.2020-1011>.

Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., Hornsby, W. G., & Stone, M. H. (2021). Training for Muscular Strength: Methods for Monitoring and Adjusting Training Intensity. In *Sports Medicine* (Vol. 51, Issue 10, pp. 2051–2066). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01488-9>

Tom, P., Londres, M., & Breta, G. (2021). *Presione soltar*.

Vargas-Molina, S., Gómez-Urquiza, J. L., García-Romero, J., & Benítez-Porres, J. (2022). Effects of the Ketogenic Diet on Muscle Hypertrophy in Resistance-Trained Men and Women: A Systematic Review and Meta-Analysis. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 19, Issue 19). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912629>.

Vera, J., Jiménez, R., Redondo, B., Torrejón, A., de Moraes, C. G., & García-Ramos, A. (2020). Impact of resistance training sets performed until muscular failure with different loads on intraocular pressure and ocular perfusion pressure. *European Journal*

of Ophthalmology, 30(6), 1342–1348. <https://doi.org/10.1177/1120672119879838>.

Zaroni, R. S., Brigatto, F. A., Schoenfeld, B. J., Braz, T. V, Benvenuti, L. C., D Germano, M. S., Marchetti, P. H., Aoki, M. S., & Lopes, C. R. (2018). *HIGH RESISTANCE-TRAINING FREQUENCY ENHANCES MUSCLE THICKNESS IN RESISTANCE-TRAINED MEN*. www.nsc.com.

van Vossel, K., Hardeel, J., van de Castele, F., de Jager, S., Lievens, E., Boone, J., & Derave, W. (2023). Muscle typology influences the number of repetitions to failure during resistance training. *European Journal of Sport Science*, 23(10), 2021–2030. <https://doi.org/10.1080/17461391.2023.2207077>.

ANEXOS

Anexo 1.

Figura 3. Escala de PEDro

Escala PEDro-Español

1. Los criterios de elección fueron especificados	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/>	donde:
2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos (en un estudio cruzado, los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente a medida que recibían los tratamientos)	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/>	donde:
3. La asignación fue oculta	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/>	donde:
4. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/>	donde:
5. Todos los sujetos fueron cegados	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/>	donde:
6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/>	donde:
7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/>	donde:
8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/>	donde:
9. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por "intención de tratar"	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/>	donde:
10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/>	donde:
11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/>	donde:

La escala PEDro está basada en la lista Delphi desarrollada por Verhagen y colaboradores en el Departamento de Epidemiología, Universidad de Maastricht (Verhagen AP et al (1998). *The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology*, 51(12):1235-41). En su mayor parte, la lista está basada en el consenso de expertos y no en datos empíricos. Dos ítems que no formaban parte de la lista Delphi han sido incluidos en la escala PEDro (ítems 8 y 10). Conforme se obtengan más datos empíricos, será posible "ponderar" los ítems de la escala, de modo que la puntuación en la escala PEDro refleje la importancia de cada ítem individual en la escala.

El propósito de la escala PEDro es ayudar a los usuarios de la bases de datos PEDro a identificar con rapidez cuales de los ensayos clínicos aleatorios (ej. RCTs o CCTs) pueden tener suficiente validez interna (criterios 2-9) y suficiente información estadística para hacer que sus resultados sean interpretables (criterios 10-11). Un criterio adicional (criterio 1) que se relaciona con la validez externa ("generalizabilidad" o "aplicabilidad" del ensayo) ha sido retenido de forma que la lista Delphi esté completa, pero este criterio no se utilizará para el cálculo de la puntuación de la escala PEDro reportada en el sitio web de PEDro.

La escala PEDro no debería utilizarse como una medida de la "validez" de las conclusiones de un estudio. En especial, avisamos a los usuarios de la escala PEDro que los estudios que muestran efectos de tratamiento significativos y que puntúan alto en la escala PEDro, no necesariamente proporcionan evidencia de que el tratamiento es clínicamente útil. Otras consideraciones adicionales deben hacerse para decidir si el efecto del tratamiento fue lo suficientemente elevado como para ser considerado clínicamente relevante, si sus efectos positivos superan a los negativos y si el tratamiento es costo-efectivo. La escala no debería utilizarse para comparar la "calidad" de ensayos realizados en las diferentes áreas de la terapia, básicamente porque no es posible cumplir con todos los ítems de la escala en algunas áreas de la práctica de la fisioterapia.

Última modificación el 21 de junio de 1999. Traducción al español el 30 de diciembre de 2012