



UNIVERSIDAD DE GRANADA

Universidad de Granada
Facultad de Ciencias del Deporte
Departamento de Educación Física y Deportiva

PROGRAMA DE DOCTORADO EN BIOMEDICINA
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE

“RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE CALIDAD MUSCULAR Y LOS
TRASTORNOS PSICOSOCIALES EN ADOLESCENTES”

Tesis Doctoral Presentada Por:

Guillermo Daniel Felipe Barahona Fuentes

Tesis Doctoral Dirigida Por:

Dr. Luis Javier Chiroso Ríos
Dr. Álvaro Cristian Huerta Ojeda

Granada, 2024.

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales
Autor: Guillermo Daniel Felipe Barahona Fuentes
ISBN: 978-84-1195-722-9
URI: <https://hdl.handle.net/10481/102638>

ÍNDICE

DEDICATORIAS.....	4
AGRADECIMIENTOS	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
LISTA DE PUBLICACIONES QUE TRIBUTAN A LA TESIS DOCTORAL	11
PONENCIAS EN CONGRESOS DURANTE EL PERIODO DOCTORAL.....	12
RESUMEN GENERAL	13
GENERAL ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	18
OBJETIVOS.....	25
Estudio 1:	25
Estudio 2:	25
Estudio 3:	25
MATERIALES Y MÉTODOS	26
ESTUDIO 1	27
ESTUDIO 2	31
ESTUDIO 3	36
RESULTADOS	38
ESTUDIO 1	38
ESTUDIO 2	54
ESTUDIO 3	56
DISCUSIÓN.....	62
ESTUDIO 1	62
ESTUDIO 2	68
ESTUDIO 3	72
CONCLUSIONES	77
ESTUDIO 1	78
ESTUDIO 2	78
ESTUDIO 3	78
LIMITACIONES GENERALES	80
PROYECCIONES GENERALES	81
REFERENCIAS	82
ANEXO.....	94

DEDICATORIAS

A Dios, por ser mi guía constante, por iluminar mi camino y por poner en mi vida a personas tan especiales en los momentos más cruciales.

A mi madre, por ser mi mayor fuente de inspiración, por su inquebrantable fe en mí y por enseñarme, con cada sacrificio y cada palabra de aliento, que no hay sueño inalcanzable. Su apoyo incondicional y su amor infinito han sido la base sólida sobre la que he construido cada uno de mis logros. Es mi ejemplo de fortaleza y perseverancia.

A mis hermanos, por su entereza y por ser mi refugio en los días más difíciles. Su fortaleza, consejo y amistad han sido un pilar fundamental en mi vida. Gracias por estar siempre ahí, compartiendo risas y sueños, y por acompañarme en cada paso de este arduo camino.

A mi novia, por su inmensa bondad y amor desinteresado, por ser mi compañera en cada momento de este viaje. Su sencillez y dulzura han sido un bálsamo en los momentos de mayor estrés. Gracias por recordarme con su amor que los sueños se alcanzan mejor cuando se caminan juntos.

A mis amigos y seres queridos, por creer en mí cuando más lo necesitaba y por caminar a mi lado en cada etapa de este viaje. Su confianza y apoyo han sido fundamentales para llegar hasta aquí.

A todos ustedes, les dedico este logro con todo mi corazón, pues sin su amor, apoyo y guía, este sueño no habría sido posible.

AGRADECIMIENTOS

Este es quizás uno de los apartados más complejos de comenzar a redactar, por todos los recuerdos y sentimientos que abocan. Un apartado en donde se debe comenzar a resumir los agradecimientos a cada una de las personas que han hecho posible este proceso doctoral.

Quiero comenzar expresando mi más sinceros y afectuosos agradecimientos a mi madre y hermanos, por ser mi inspiración constante y mi refugio en los momentos difíciles. La fe inquebrantable de mi madre en mis capacidades y el apoyo incondicional de mis hermanos han sido fundamentales en cada paso de este camino. Su amor, fortaleza y consejos han sido la base sólida sobre la que he construido mis logros, y no hay palabras suficientes para agradecerles por estar siempre a mi lado.

A mi novia, gracias por la inmensa bondad que demuestras día a día y por el amor genuino que siempre me has ofrecido. Tu presencia ha sido una fuente de calma en los momentos más desafiantes de este recorrido. Tu dulzura y sencillez me han recordado que los sueños compartidos tienen un valor incalculable y que, juntos, hemos de superar cada obstáculo con más fuerza.

Agradecimiento especial a mi segundo director de tesis Álvaro Huerta Ojeda, quien en 2016, vislumbró en mí un potencial que yo mismo no había descubierto. Gracias por impulsarme y motivarme a seguir el camino de la investigación, por estar siempre presente, y por brindarme la oportunidad de aprender de mis errores. Valoro profundamente el tiempo que ha dedicado a enseñarme, orientarme y formarme como profesional. Aprecio, sobre todo, la amistad que hemos cultivado a lo largo de este tiempo y la que sé que continuaremos fortaleciendo en el futuro.

A mi primer director de tesis, profesor Luis Chiroso Ríos, le agradezco de corazón su confianza y por haber creído en mí al aceptar guiar mi tesis sin conocernos previamente. Gracias por su hospitalidad, sencillez, amabilidad y generosidad. su liderazgo ha sido un modelo a seguir, demostrando que un verdadero profesional no solo domina su campo, sino que también actúa con principios y valores sólidos.

A los miembros de la Universidad de Granada: A todos ustedes, les agradezco por el cálido recibimiento y por acogerme como uno más durante mi estancia en la UGR. Su disposición a compartir conocimientos, ofrecer consejos y brindar camaradería, acompañados de las tan apreciadas "tapas", hicieron que mi experiencia en Granada fuera inolvidable.

Un agradecimiento especial a Pedro Delgado por su generosa invitación a su universidad (UFRO) y por permitirme ser parte de nuevos proyectos de investigación.

Finalmente, a todos los que de una u otra forma contribuyeron para que mi transitar en este largo proceso fuese más fructífero y llevadero gracias, gracias e infinitas gracias.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estudio 2. Protocolo de Estudio

Figura 2 Estudio 1. Diagrama de flujo PRISMA de los artículos seleccionados.

Figura 3 Estudio 1. El error estándar en los diferentes modos de intervención de fuerza para la ansiedad y la depresión. (a) entrenamiento de fuerza y entrenamiento simultáneo para la ansiedad; (b) entrenamiento de fuerza y entrenamiento simultáneo para la depresión; (c) entrenamiento simultáneo para la ansiedad; (d) entrenamiento simultáneo para la depresión; (e) entrenamiento de fuerza para la depresión; SE: error estándar; SMD: diferencia media estandarizada.

Figura 4 Estudio 1. Gráfico de riesgo de sesgo: revisión del juicio de los autores sobre cada elemento de riesgo de sesgo presentado como porcentajes en todos los estudios incluidos.

Figura 5 Estudio 1. Resumen del riesgo de sesgo: revisión del juicio de los autores sobre cada elemento de riesgo de sesgo para cada estudio incluido.

Figura 6 Estudio 1. Forest plot que compara los efectos del entrenamiento con diferentes modos de intervención de fuerza en los niveles de ansiedad. EG: grupo experimental; CG: grupo de control; SD: desviaciones estándar.

Figura 7 Estudio 1. Forest plot que compara los efectos del entrenamiento con diferentes modos de intervención de fuerza sobre los niveles de depresión. EG: grupo experimental; CG: grupo de control; SD: desviaciones estándar.

Figura 8 Estudio 1. Forest plot que compara los efectos del entrenamiento simultáneo en los niveles de depresión. EG: grupo experimental; CG: grupo de control; SD: desviaciones estándar.

Figura 9 Estudio 1. Forest plot que compara los efectos del entrenamiento de fuerza convencional y de la plataforma de vibración en los niveles de depresión. EG: grupo experimental; CG: grupo de control; SD: desviaciones estándar.

Figura 10 Estudio 3. Flujograma PRISMA estrategia de búsqueda y selección de búsqueda.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Detalle del diseño y caracterización de la muestra en los estudios.

Tabla 2 Estudio 1. Características de los estudios incluidos en la revisión sistemática y el meta-análisis.

Tabla 3 Estudio 1. Tipo de protocolo de entrenamiento de fuerza.

Tabla 4 Estudio 2. Comparación de variables según el índice de calidad muscular.

Tabla 5 Estudio 2. Proporción de variables según el índice de calidad muscular.

Tabla 6 Estudio 2. Asociación entre el índice de calidad muscular y variables psicosociales.

Tabla 7 Estudio 3. Características de estudios incluidos en la revisión y forma de medir MQ-MQI.

ABREVIATURAS

AT	Entrenamiento aeróbico.
CC	Circunferencia de cintura.
CG	Grupo control.
Cm	Centímetros.
CT	Entrenamiento concurrente.
DV	Variable dependiente.
EG	Grupo experimental.
ES	Tamaño del efecto.
HGS	Fuerza muscular de agarre de la mano.
IC	Intervalo de confianza.
IV	Variable independiente.
Kg	Kilogramos.
MQ	Calidad Muscular.
MQI	Índice de Calidad Muscular.
SD	Desviación estándar.
SMD	Diferencia media estandarizada.
ST	Entrenamiento de fuerza.
DV	Variable dependiente.
WC	Circunferencia de cintura.
WtHR	Relación cintura-altura.

LISTA DE PUBLICACIONES QUE TRIBUTAN A LA TESIS DOCTORAL

El presente documento, se encuentra compuesto por dos artículos científicos publicados dentro del primer tercil (Q1 y Q2) que avalan los resultados de la tesis doctoral y, un artículo publicado (Q3) que forma parte de los objetivos de la tesis.

Artículo 1 que avala los resultados de la tesis doctoral

Título original:	Effects of training with different modes of strength intervention on psychosocial disorders in adolescents: A systematic review and meta-analysis
Año de publicación:	2021
Revista:	International journal of environmental research and public health
DOI:	https://doi.org/10.3390/ijerph18189477
JIF:	4.614
Ranking Cuartil JCR:	Q1

Artículo 2 que avala los resultados de la tesis doctoral

Título original:	Muscle Quality Index is inversely associated with psychosocial variables among Chilean adolescents
Año de publicación:	2023
Revista:	BMC Public Health
DOI:	https://doi.org/10.1186/s12889-023-16978-w
JIF:	4.5
Ranking Cuartil JCR:	Q2

Artículo 3 que tributa a los objetivos de la tesis doctoral

Título original:	Pruebas más utilizadas para la valoración del índice de calidad muscular en niños y adolescentes: Una revisión sistemática.
Año de publicación:	2024
Revista:	Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación
DOI:	https://doi.org/10.1186/s12889-023-16978-w
JIF:	1.2
Ranking Cuartil JCR:	Q3

PONENCIAS EN CONGRESOS DURANTE EL PERIODO DOCTORAL

2023

- Expositor de: El índice de calidad muscular se asocia inversamente a variables psicosociales entre los adolescentes chilenos. I Congreso del Instituto de Ciencias del Ejercicio y la Rehabilitación: Construyendo Puentes entre la Ciencia y la Práctica. Universidad Andrés Bello, Chile
- Expositor y Co-autor de: Efectos de la educación física sobre la socialización y la comunicación entre niños y preadolescentes con trastorno del espectro autista: Una revisión sistemática y meta-análisis. I Congreso del Instituto de Ciencias del Ejercicio y la Rehabilitación: Construyendo Puentes entre la Ciencia y la Práctica. Universidad Andrés Bello, Chile
- Expositor y Co-autor de: Contaminación ambiental y salud en adultos mayores chilenos: Impacto en la calidad de vida y la autonomía funcional. I Congreso del Instituto de Ciencias del Ejercicio y la Rehabilitación: Construyendo Puentes entre la Ciencia y la Práctica. Universidad Andrés Bello, Chile

2022

- Expositor de: Relación entre calidad muscular y trastornos psicosociales en adolescentes. I Congreso Red Pleokinetic: Functional Dynamometry in Sports Sciences. Universidad de Granada, España

2020

- Expositor de: Efectos de los diferentes métodos del entrenamiento de la fuerza sobre ansiedad, estrés y depresión en adolescentes: una revisión sistemática y meta-análisis. Jornadas Doctorales Internacionales: “Avances en la investigación biomédica y Biotecnológica”. Universidad de Jaén, España
- Expositor en el Curso Internacional de Hipertrofia y Nutrición Deportiva.
- Efectos de diferentes métodos de entrenamientos de fuerza sobre indicadores de fatiga muscular durante y posterior a un entrenamiento de fuerza. Jornadas de la Red Pleokinetic Efectos de la fuerza muscular en la salud, rehabilitación y rendimiento deportivo, organizado por Red Pleokinetic, Universidad de Las Américas, Universidad Andrés Bello y Universidad de Granada.

RESUMEN GENERAL

Introducción: Actualmente, gran parte de la población mundial ha visto mermada su calidad de vida producto de alteraciones psicosociales de depresión, ansiedad y estrés. Uno de los grupos etarios ampliamente afectados, corresponde a los adolescentes quienes han evidenciado altos niveles de depresión, ansiedad y estrés en el último tiempo. Este tipo de alteraciones psicosociales en adolescentes, han sido consideradas como precursoras de una disminución del rendimiento académico, aumento en el uso y consumo de drogas, incremento de una posible ideación suicida e incluso se ha relacionado con una disminución en el interés a la práctica de actividad física. En este contexto la práctica de actividad física y ejercicio físico no solo presenta beneficios en la condición física, sino que también tendría un rol fundamental en la disminución de trastornos psicosociales como la depresión, la ansiedad y el estrés.

Desafortunadamente, la mayoría de los estudios que buscan establecer la relación entre condición física y trastornos psicosociales se orientan principalmente a la evaluación de la condición física a través de la resistencia aeróbica y a población adulta. Mientras que estudios que evalúen condición física través del desarrollo de la fuerza y sus otras variables como el índice de calidad muscular (MQI) y lo asocien con trastornos psicosociales, son escasos más aun cuando se trata de población adolescente.

En función de estos antecedentes, el objetivo principal de esta tesis doctoral fue relacionar el índice de calidad muscular con los niveles de depresión, ansiedad y estrés en adolescentes. Para cumplir con este objetivo, se han desarrollado diferentes estudios científicos que permiten dar en parte una respuesta al objetivo general. **Objetivos:** i) El primer estudio tuvo como objetivo analizar los efectos del entrenamiento de fuerza en la ansiedad, el estrés y la

depresión en adolescentes mediante una revisión sistemática y meta-análisis. ii) El segundo estudio buscó determinar la relación entre el MQI y las variables psicosociales en adolescentes chilenos. iii) El tercer estudio, se enfocó en identificar los métodos más utilizados para evaluar el MQI en niños y adolescentes a través de una revisión sistemática.

Materiales y Métodos: i) La primera investigación, seleccionó estudios publicados en WoS, Scopus, SPORTDiscus, PubMed y MEDLINE entre los años 2010-2020, evaluando su calidad metodológica con la Guía de Colaboración Cochrane y utilizando la diferencia de medias estandarizada (DME) para el análisis de resultados. ii) Para el segundo estudio, Sesenta adolescentes (media $\pm$ DS: 15,11 $\pm$ 1,78 años) participaron en un estudio correlacional donde se evaluaron parámetros antropométricos, fuerza prensil, MQI y variables psicosociales. iii) En la tercera investigación, se revisaron artículos publicados en bases de datos como WoS, Scopus, SPORTDiscus, PubMed y MEDLINE. **Resultados:** i) El primer estudio reveló un efecto significativo del entrenamiento de fuerza sobre la ansiedad (DME = -1,75; IC 95%: -3,03, -0,48; $p = 0,007$) y la depresión (DME = -1,61; IC 95%: -2,54, -0,67; $p = 0,0007$). ii) El segundo estudio encontró que un mayor MQI se asoció inversamente con la depresión ($\beta = -6,18$; IC 95%: -10,11, -2,25; $p = 0,003$), la ansiedad ($\beta = -6,61$; IC 95%: -9,83, -3,39; $p < 0,001$) y el estrés ($\beta = -4,90$; IC 95%: -8,49, -1,32; $p = 0,008$). iii) El tercer estudio identificó 16 artículos que evaluaron el MQI en niños y adolescentes, destacando la necesidad de métodos más estandarizados que incorporen variables de fuerza, potencia y volumen muscular. **Conclusiones:** i) El primer estudio concluye que el entrenamiento de fuerza tiene un impacto positivo y significativo en la reducción de la ansiedad y la depresión en adolescentes, con mejores resultados observados en el entrenamiento de fuerza convencional. ii) El segundo estudio concluye que un índice de calidad muscular elevado se asocia significativamente con menores niveles de depresión,

ansiedad y estrés en adolescentes, así como con una menor prevalencia de obesidad abdominal. iii) El tercer estudio concluye que, aunque existe una amplia variedad de métodos para evaluar el MQI en niños y adolescentes, es necesario estandarizar estos métodos para mejorar la consistencia y comparabilidad de los resultados en investigaciones futuras.

Palabras clave: Índice de calidad muscular; Trastornos psicosociales; Adolescentes

GENERAL ABSTRACT

Introduction: Currently, a significant portion of the global population has experienced a decline in quality of life due to psychosocial disturbances such as depression, anxiety, and stress. One of the most affected age groups is adolescents, who have shown high levels of depression, anxiety, and stress in recent times. Such psychosocial disturbances in adolescents have been considered precursors to decreased academic performance, increased drug use and consumption, heightened suicidal ideation, and even a decline in interest in physical activity. In this context, physical activity and exercise not only benefit physical condition but also play a fundamental role in reducing psychosocial disorders such as depression, anxiety, and stress. Unfortunately, most studies aiming to establish the relationship between physical condition and psychosocial disorders primarily focus on the assessment of physical condition through aerobic capacity in the adult population. Studies evaluating physical condition through strength development and its other variables, such as Muscle Quality Index (MQI), and associating them with psychosocial disorders, are scarce, particularly when it comes to adolescent population. Based on this background, the primary objective of this doctoral thesis was to relate Muscle Quality Index with levels of depression, anxiety, and stress in adolescents. To achieve this objective, various scientific studies have been developed to address the general objective.

Objectives: i) The first study aimed to analyze the effects of strength training on anxiety, stress, and depression in adolescents through a systematic review and meta-analysis. ii) The second study sought to determine the relationship between MQI and psychosocial variables in Chilean adolescents. The third study focused on identifying the most commonly used methods for evaluating MQI in children and adolescents through a systematic review. **Materials and**

Methods: i) The first study selected studies published in WoS, Scopus, SPORTDiscus,

PubMed, and MEDLINE between 2010 and 2020, evaluating their methodological quality using the Cochrane Collaboration Guidelines and employing the standardized mean difference (SMD) for result analysis. ii) In the second study, sixty adolescents (mean $\pm$ SD: 15.11 $\pm$ 1.78 years) participated in a correlational study where anthropometric parameters, grip strength, MQI, and psychosocial variables were assessed. iii) In the third study, articles published in databases such as WoS, Scopus, SPORTDiscus, PubMed, and MEDLINE were reviewed.

Results: i) The first study revealed a significant effect of strength training on anxiety (SMD = -1.75; 95% CI: -3.03, -0.48; $p = 0.007$) and depression (SMD = -1.61; 95% CI: -2.54, -0.67; $p = 0.0007$). ii) The second study found that a higher MQI was inversely associated with depression ($\beta = -6.18$; 95% CI: -10.11, -2.25; $p = 0.003$), anxiety ($\beta = -6.61$; 95% CI: -9.83, -3.39; $p < 0.001$), and stress ($\beta = -4.90$; 95% CI: -8.49, -1.32; $p = 0.008$). iii) The third study identified 16 articles that evaluated MQI in children and adolescents, highlighting the need for more standardized methods incorporating variables such as strength, power, and muscle volume. **Conclusions:** i) The first study concluded that strength training has a positive and significant impact on reducing anxiety and depression in adolescents, with the best results observed in conventional strength training. ii) The second study concluded that a high Muscle Quality Index is significantly associated with lower levels of depression, anxiety, and stress in adolescents, as well as a reduced prevalence of abdominal obesity. iii) The third study concluded that, although there is a wide variety of methods to evaluate MQI in children and adolescents, there is a need to standardize these methods to improve the consistency and comparability of results in future research.

Keywords: Muscle quality index; Psychosocial disorders; Adolescents

INTRODUCCIÓN GENERAL

Actualmente, gran parte de la población se ha visto afectada en su calidad de vida producto de alteraciones negativas en la salud mental (Cianconi et al., 2023; Crempien et al., 2017). En este sentido, variables como la ansiedad se considera una reacción emocional que consiste en una combinación única de sentimientos de tensión, aprehensión y nerviosismo, así como pensamientos desagradables de preocupación y cambios fisiológicos asociados con la activación del sistema nervioso autónomo (Spielberger, 2021). El estrés se define como una condición psicológica que se produce cuando un sujeto observa un desequilibrio sustancial entre las demandas que soporta y su capacidad para satisfacerlas (Kent, 2003; Spielberger, 2021). Además, la depresión se establece como una condición de estado de ánimo, como una tristeza excesiva y/o una experiencia de placer significativamente reducida. Estas alteraciones de salud mental se les denominan trastornos psicosociales (Assoc, 2013; Othman et al., 2019). Dichos trastornos psicosociales, han sido identificados en deportistas (Barahona-Fuentes et al., 2019), trabajadores (Crempien et al., 2017), estudiantes universitarios (Huerta et al., 2020; Othman et al., 2019), como también en escolares (Delgado-Floody et al., 2021, 2022; Nguyen et al., 2013).

De manera específica, se ha descubierto que un desorden en los trastornos psicosociales en escolares adolescentes puede conllevar a una disminución del rendimiento académico, aumento en el uso y consumo de drogas, incremento de una posible ideación suicida (Nguyen et al., 2013) e incluso se ha relacionado con una disminución en el interés a la práctica de actividad física (Delgado-Floody et al., 2021; Pugh & Hadjistavropoulos, 2011). Esta última, para algunos investigadores, ha sido un factor determinante en la reducción de los niveles de ansiedad, depresión, estrés y otros (Chen et al., 2024; Gerber et al., 2014;

Stonerock et al., 2015; Vancampfort et al., 2022). Específicamente, la práctica de actividad física y ejercicio físico puede conllevar a la mejora de la aptitud física, dando como resultados efectos beneficiosos para la salud física, cognitiva y mental en niños y adolescentes (Chen et al., 2024; Ortega et al., 2008). Ejemplo de aquello, es el efecto ansiolítico que posee el ejercicio aeróbico (Ramos-Sanchez et al., 2021; Stubbs et al., 2017; Vancampfort et al., 2022). En este sentido Gerber et al. (2014), establecieron que diferentes tipos de ejercicios de pelota y aeróbicos parecen cumplir algunas funciones moderadoras en las variables psicológicas de estudiantes universitarios. Del mismo modo Gallego et al. (2014), notaron una disminución en variables psicosociales de universitarios, luego de 8 semanas de entrenamiento de mindfulness. De esta manera, el desarrollo de estas y otras investigaciones, permiten dar cuenta de que la actividad física y el ejercicio físico, pueden producir disminuciones en los trastornos psicosociales de la población.

Pese a que los beneficios que presenta el ejercicio físico a través del entrenamiento aeróbico sobre la ansiedad, el estrés y la depresión están bien establecidos en la literatura (Shigdel et al., 2019; Stubbs et al., 2017; Wegner et al., 2020), la evidencia del entrenamiento de fuerza sobre los trastornos psicosociales es sumamente escasa (Gordon et al., 2017). Es así como un meta-análisis de Gordon et al. (2017) mostró que el entrenamiento de fuerza mejoró significativamente los síntomas de ansiedad en los participantes adultos sanos y en los participantes adultos con una enfermedad física o mental. Sin embargo, estos investigadores (Gordon et al., 2017) no evaluaron la ansiedad, el estrés y/o la depresión de los participantes adolescentes; por lo tanto, no existe suficiente conocimiento sobre los efectos del entrenamiento de fuerza sobre los niveles de ansiedad, estrés y depresión de los adolescentes. Lo anterior, conlleva al primer estudio de esta tesis doctoral que tuvo como objetivo: analizar

los efectos del entrenamiento con diferentes modos de intervención de fuerza sobre los trastornos psicosociales de ansiedad, estrés y depresión en adolescentes a través de una revisión sistemática con meta-análisis.

Específicamente, el entrenamiento de fuerza corresponde a aquellos ejercicios que implican la activación voluntaria de grupos musculares específicos del músculo esquelético contra una resistencia externa (Winett & Carpinelli, 2001). A la fecha, existen diferentes modos de intervención para los entrenamientos de fuerza que permiten el desarrollo de la fuerza muscular. Algunos de estos son: el entrenamiento de fuerza convencional (que consiste en ejecuciones sistemáticas de contracciones musculares concéntricas y excéntricas voluntariamente contra cargas externas) (Dias et al., 2015); entrenamiento concurrente (que incluye una combinación de entrenamiento aeróbico y de fuerza) (Wilson et al., 2012); entrenamiento de fuerza en plataforma vibratoria (que incluye el uso de vibración muscular) (Nordlund & Thorstensson, 2007); entrenamiento de fuerza a través de CrossFit® (que consiste en una combinación de ejercicios de fuerza realizados a través de un circuito) (Butcher et al., 2015), y entrenamiento pliométrico (que son ejercicios de salto) (de Hoyo et al., 2016). Cabe mencionar que estos son solo algunos ejemplos de los muchos modos de entrenamiento de fuerza existentes, cada uno con sus propios métodos y beneficios específicos. Por tanto, este tipo de entrenamiento en su amplio espectro permite el desarrollo y el aumento de la masa magra, la fuerza, la potencia y la resistencia muscular (Barahona-Fuentes et al., 2020; Barahona-Fuentes et al., 2019; Huerta Ojeda et al., 2023).

En cuanto al desarrollo muscular óptimo resultante del entrenamiento de fuerza, se ha demostrado que los sujetos con mayor masa muscular tienen una mejor calidad de vida (Sabido et al., 2016). Es así como, una evaluación de fuerza prensil se encuentra bien

correlacionada con la fuerza muscular en general, mientras que resultados bajos en fuerza prensil, son reflejo de una calidad muscular débil (Barbat-Artigas et al., 2012). En este sentido, la calidad muscular describe la capacidad fisiológica funcional del tejido muscular (Fragala et al., 2015). Este tejido debe ser capaz de llevar a cabo varias funciones, como las contracciones, el metabolismo y la conducción eléctrica (Fragala et al., 2015). Al mismo tiempo, se ha demostrado que los hombres y las mujeres con un alto contenido de tejido adiposo subcutáneo (Peterson et al., 2011), alta masa grasa y baja masa magra (Fabbri et al., 2017; Shaffer et al., 2017) han presentado una disminución de la calidad muscular (Fabbri et al., 2017; Peterson et al., 2011; Shaffer et al., 2017). Por el contrario, altos niveles del índice de calidad muscular (MQI) desempeñan un rol fundamental en la prevención de enfermedades crónicas (Wolfe, 2006). Lee et al. (2012) examinaron la relación entre la sensibilidad a la insulina y la calidad muscular en los adolescentes y encontraron que la calidad muscular está fuertemente asociada con la sensibilidad a la insulina. Por otra parte, MQI no solo se ha empleado para establecer factores de riesgo cardio metabólicos, sino que también se ha utilizado principalmente para determinar riesgos de lesiones producto de deficiencias del control motor y desequilibrios musculares en adultos (Jerez-Mayorga et al., 2019).

A la luz de estos hechos, es plausible pensar que una buena condición física reflejada en un buen MQI producto del entrenamiento de fuerza (Barbat-Artigas et al., 2012), es capaz de realizar cambios sustanciales en el desarrollo cerebral (Wittfeld et al., 2020). Lo que podría conllevar a una disminución de los niveles de depresión, ansiedad y estrés en adolescentes. Desafortunadamente, estas asociaciones entre MQI y la presencia de trastornos psicosociales como depresión, ansiedad y estrés en adolescentes no están suficientemente estudiadas y por tanto no han sido esclarecidas (Barahona-Fuentes et al., 2021). Esta problemática da como

resultante el segundo estudio de esta tesis doctoral que tuvo como objetivo: **determinar la intrincada relación entre el MQI y las variables psicosociales de depresión, ansiedad y estrés en la población adolescente chilena.**

Como se ha evidenciado en párrafos anteriores, un buen desarrollo de MQI, posee un rol fundamental en la prevención de enfermedades crónicas (Brown et al., 2016; Fragala et al., 2015), relacionándose ampliamente con una mejor calidad de vida en la población (Brown et al., 2016; Delgado-Floody et al., 2023). Consecuentemente bajos niveles de MQI, han sido asociados con una mayor probabilidad de muerte, una baja función física y fuerza muscular (Chen et al., 2023). Asimismo, una disminución de MQI se encuentra altamente asociado a deficiencias de la capacidad funcional de la vida diaria (Stotz et al., 2023).

Una de las poblaciones objetiva y que pueden ver afectada su capacidad funcional de la vida diaria a futuro, son los adolescentes. Henriksson et al. (2019) evidenciaron que aquellos sujetos que padecen de debilidad muscular en la adolescencia, presentan una fuerte asociación con la discapacidad en 30 años más (Henriksson et al., 2019). En específico, se ha evidenciado que las personas con discapacidades presentan una menor calidad de vida (Løkkeberg & Thoresen, 2022), un mayor riesgo de padecer enfermedades crónicas (Carroll et al., 2014), y por consiguiente una menor esperanza de vida en comparación a la población general (National Spinal Cord Injury Statistical Center, 2022). En efecto, recientes estudios han evidenciado que sujetos con discapacidad presentan una densidad mineral ósea e índices de masa muscular insuficientes (Alizadeh et al., 2019; Gorgey & Shepherd, 2010; Kopiczko & Cieplińska, 2022; Morse et al., 2019) y altos niveles de adiposidad (Gater & Farkas, 2016). Asimismo, la evidencia científica da cuenta de que altos niveles de MQI, están relacionado

con un mayor bienestar en los escolares (Delgado-Floody et al., 2023) y que además presentaría una asociación inversa con parámetros psicosociales en los adolescentes.

A pesar de que las investigaciones actuales subrayan la importancia de evaluar MQI en la población general (Barbat-Artigas et al., 2012; Fragala et al., 2015), estas evaluaciones han sido llevadas a cabo principalmente en adultos (Jerez-Mayorga et al., 2019; Seo et al., 2020). No obstante, la interpretación de estos resultados enfocados en MQI, se enfrenta a varias limitaciones debido a la influencia de diferentes factores como la edad, el sexo, la estatura y el peso corporal en la evaluación de la fuerza muscular (Balshaw et al., 2021; Duran et al., 2018). Estos factores pueden afectar significativamente la precisión y la relevancia de los datos obtenidos, generando una necesidad urgente de adaptar los métodos de evaluación a las características individuales de los sujetos. En consecuencia, algunos estudios han optado por utilizar pruebas que relacionan la fuerza isométrica con el índice de masa corporal (IMC), buscando una medida que pueda corregir las diferencias individuales y ofrecer resultados más comparables entre sujetos de distintas envergaduras físicas (Delgado-Floody et al., 2023; Melo et al., 2022). Otros estudios han adoptado enfoques más sofisticados, empleando técnicas de imagenología en entornos más controlados de laboratorio para obtener una evaluación más detallada y precisa de la MQI (Dubois et al., 2018; Fukunaga et al., 2014). Sin embargo, estas metodologías avanzadas enfrentan diversas barreras significativas, como la necesidad de evaluadores altamente capacitados, el elevado coste económico de los equipos y el tiempo considerable requerido para realizar las evaluaciones, lo que ha dificultado la adopción generalizada de un método que sea considerado superior a los demás.

Por otra parte, en la población adolescente, los métodos para evaluar MQI son aún más limitados. Actualmente, no existe una prueba estándar universalmente aceptada para este

grupo etario, lo que complica la comparación y generalización de los resultados de diferentes estudios. La falta de un protocolo estandarizado y validado impide que se realicen evaluaciones consistentes y confiables de MQI en adolescentes, lo que representa un vacío del conocimiento significativo en la literatura científica. Lo anterior, conlleva a una necesidad imperativa de desarrollar el tercer estudio de esta tesis doctoral a través de una revisión sistemática que tuvo como objetivo: **i) Determinar cuáles son las prueba más utilizadas hasta la fecha para determinar MQI en niños y adolescentes, y ii) observar la cantidad de estudios que han evaluado MQI en niños y adolescentes.**

Por tanto, la siguiente tesis doctoral está compuesta por un compilado de dos estudios científicos originales que avalan la tesis doctoral y un tercer artículo de revisión publicado que forma parte de los objetivos de la tesis doctoral.

OBJETIVOS

Objetivo general: Determinar la relación entre el MQI y las variables psicosociales de depresión, ansiedad y estrés en adolescentes.

Estudio 1: Efectos del entrenamiento con diferentes modos de intervención de fuerza sobre los trastornos psicosociales en adolescentes: una revisión sistemática y un meta-análisis

Objetivos específicos:

- Determinar la calidad de la evidencia de los estudios que evaluaron los efectos de diferentes modos de intervención de fuerza sobre los trastornos psicosociales en adolescentes.
- Determinar la efectividad de diferentes modos de intervención de fuerza sobre los trastornos psicosociales en adolescentes.

Estudio 2: El índice de calidad muscular se asocia inversamente con variables psicosociales entre los adolescentes chilenos

Objetivos específicos:

- Determinar los niveles de depresión, ansiedad y estrés en adolescentes.
- Evaluar el índice de calidad muscular en adolescentes.

Estudio 3: Pruebas más utilizadas para la valoración del índice de calidad muscular en niños y adolescentes: Una revisión sistemática

Objetivos específicos:

- Observar la cantidad de estudios que han evaluado el índice de calidad muscular en la población de niños y adolescentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación, en la tabla 1, se proporciona un resumen de los aspectos más importantes y clave de Materiales y Métodos de cada estudio realizado en esta tesis doctoral. Asimismo, se incorporan sub- apartados de materiales y métodos que dan cuenta de aspectos más detallados y específicos sobre cada uno de los estudios que constituyen la tesis doctoral actual.

Tabla 1. Detalle del diseño y caracterización de la muestra en los estudios.

Estudio	Diseño	Muestra
1	Revisión Sistemática y meta-análisis	n = 9 estudios incluidos para la revisión sistemática; y n = 7 estudios para el meta-análisis
2	Correlacional cuantitativo	<i>n = 60 (28 mujeres y 32 hombres)</i> (Edad $15,11 \pm 1,78$ años) (Altura [cm]: $164,30 \pm 8,20$) (Masa corporal [kg]: $70,70 \pm 18,13$) (Índice de masa corporal [kg/m^2]: $26,07 \pm 5,80$)
3	Revisión sistemática	<i>n = 16</i> estudios incluidos para la revisión sistemática

Los valores se muestran como media $\pm$ desviación estándar

Cm: centímetros; kg: kilogramos

ESTUDIO 1

Registro de la revisión sistemática

Esta revisión sistemática y meta-análisis siguieron los elementos de informe preferidos para las directrices de revisiones sistemáticas y meta-análisis (PRISMA) (Page et al., 2021) y las directrices de la Colaboración Cochrane para evaluar el riesgo de sesgo de los estudios seleccionados. El protocolo de esta revisión se registró en PROSPERO (CRD42021271440).

Criterios de elegibilidad

Los artículos eran elegibles si se publicaban o se imprimían en una revista revisada por pares, con texto completo en inglés, español, francés, portugués y alemán. Los límites de búsqueda fueron artículos publicados en los últimos diez años (de enero de 2010 a junio de 2020). Dicha restricción tiene el objetivo de mostrar un panorama actual de los estudios analizados (da Silva et al., 2018; Waddington et al., 2018). La búsqueda de la literatura se llevó a cabo siguiendo las directrices para revisiones sistemáticas y meta-análisis (PRISMA) (Page et al., 2021). Para este propósito, la población, la intervención, los comparadores y los resultados (PICOS) se establecieron de la siguiente manera: (i) los participantes fueron adolescentes diagnosticados explícita o implícitamente con cualquier forma de ansiedad, depresión y estrés. Por ejemplo, *Beck's Depression Inventory* (BDI) (Beck et al., 1961), *Children's Depression Inventory* (CDI) (Kovacs, 1992), *Profile of Mood States* (POMS) (Terry et al., 2003), *Premenstrual Symptoms Impact Survey* (PMSIS) (Wallenstein et al., 2008), *State-trait Anxiety Inventory* (STAI) (Spielberger & Vagg, 1984), *Children's Manifest Anxiety Scale* (CMAS) (Reynolds & Richmond, 1978), *Kessler Psychological Distress Scale* (K10) (Andrews & Slade, 2001), entre otros (Muris et al., 2003); (ii) Solo se consideraron aquellas intervenciones que, dentro de su protocolo, hayan utilizado diferentes métodos de

Barahona-Fuentes Guillermo

intervención de entrenamiento de fuerza, independientemente de su modalidad (solo o combinada) se consideraron; (iii) los comparadores eran grupos de control que no habían realizado ningún protocolo de entrenamiento; (iv) Los resultados fueron cualquier efecto (positivo o negativo) en los indicadores de ansiedad, estrés y depresión; (v) El diseño del estudio se limitó a estudios experimentales. Se excluyeron los estudios que no cumplieran con los criterios de elegibilidad. Las discrepancias encontradas se resolvieron mediante el consenso de los investigadores.

Fuentes de información y de búsqueda

La búsqueda identificó artículos publicados en las siguientes bases de datos: Web of Science (WoS), Scopus, SPORTDiscus, PubMed y Medline. En cada una de las bases de datos, se buscaron los campos de búsqueda de título, resumen y palabras clave. Se utilizaron las siguientes palabras clave, combinadas con los operadores booleanos (*AND/OR*), (*[“strength training” OR “resistance training” OR “weight training” OR “concurrent training” OR “combined training” OR “cross training” OR “crossFit” OR “plyometric training”] AND [“adolescent” OR “adolescence” OR “teenager” OR “teen”] AND [“anxiety” OR “stress” OR “depression” OR “depressive disorder”]*). Dos autores realizaron la búsqueda y revisión de los estudios, ambos decidieron si la inclusión de los estudios era apropiada. En caso de desacuerdo, se consultó a un tercer autor.

Extracción de datos

La recopilación de datos fue realizada a través de: autor, año, revista, objetivo, muestra, número de participantes, edad, variable dependiente e independiente, tratamiento, resultados, rendimiento, grupos experimentales y de control. Un autor extrajo los datos continuos para el meta-análisis y un segundo autor los verificó. En caso de desacuerdo, se

consultó al tercer autor. Los valores fueron introducidos en una hoja de cálculo en el software de Excel, y luego se utilizó el software Review Manager (versión 5.4) (Copenhague, Dinamarca: The Nordic Cochrane Centre, The Cochrane Collaboration, 2014).

Riesgo de sesgo de publicación entre estudios

El riesgo de sesgo de publicación entre estudios solo se llevó a cabo en la parte del meta-análisis. El sesgo de la publicación se evaluó utilizando la prueba estadística de Egger. Esta prueba determinó la presencia de sesgo en $p \leq 0,05$ (Egger et al., 1997). Se crearon gráficos de embudo para interpretar el efecto general, seguidos de una estadística de Egger para confirmar o refutar el sesgo de publicación.

Calidad metodológica y riesgo de sesgo de los estudios individuales

La calidad metodológica y el riesgo de sesgo de cada estudio seleccionado para el meta-análisis fue evaluado utilizando la guía de colaboración Cochrane (Higgins et al., 2019). La lista se dividió en seis dominios diferentes: sesgo de selección (generación de secuencias aleatorias, ocultación de asignación), sesgo de rendimiento (cegamiento de los participantes y el personal), sesgo de detección (cegamiento de la evaluación de resultados), sesgo de desgaste (datos de resultados incompletos), sesgo de informes (informes selectivos) y otros tipos de sesgo (declaración de conflicto de intereses). Para cada elemento, se consideró la respuesta a una pregunta; cuando la pregunta se respondió con un "Sí", el sesgo era bajo; cuando era "No", el sesgo era alto; cuando era "No estaba Claro", el posible sesgo estaba relacionado con la falta de información o incertidumbre.

Medidas resumidas y síntesis de los resultados de los estudios

Para el análisis y la interpretación de los resultados de esta revisión sistemática y meta-análisis, se examinó el efecto del entrenamiento de fuerza sobre los niveles de ansiedad, estrés y depresión en los adolescentes como resultado principal. El meta-análisis solo se llevó a cabo si el estudio seleccionado cumplió con una intervención con un protocolo de entrenamiento de fuerza, contenía un grupo de control y un grupo experimental, y aquellos en los que las variables de ansiedad, estrés y/o depresión habían presentado evaluaciones previas y posteriores a la intervención. Por lo tanto, si algún estudio no cumpliera con estas características, no podría ser parte del meta-análisis y solo se consideraría parte de la revisión sistemática. Con el fin de evaluar la calidad de los experimentos e interpretar los valores del riesgo de sesgo, se utilizó la versión 5.4 de Review Manager (Copenhague, Dinamarca: The Nordic Cochrane Centre, The Cochrane Collaboration, 2014). Se utilizó el mismo software para realizar un análisis descriptivo y estadístico del meta-análisis. Para comparar los efectos del grupo experimental (EG) que realizó el entrenamiento de resistencia frente a un grupo de control (CG) que no contenía intervención, se analizó el número de participantes, la diferencia media estandarizada (SMD) y el error estándar de SMD para cada estudio. La prueba g de Hedges se utilizó para calcular el SMD de cada estudio (Hedges, 1981). El efecto general y el intervalo de confianza (IC) del 95 % se calcularon ponderando el SMD por varianza inversa. Además, se restaron los SMD de los grupos EG y CG para obtener el tamaño del efecto (ES), que se utilizó junto con el SD de cambio agrupado para calcular la varianza ($ES = [EG \text{ medio} - CG \text{ medio}]/SD$). Para interpretar la magnitud del ES, los criterios de Cohen fueron: $<0,2$, trivial; $0,2-0,5$, pequeño; $0,5-0,8$, moderado; y $>0,8$, grande (Cohen, 2013).

Debido a la heterogeneidad real en lugar del azar, la estadística I² se calculó como un indicador de la variación total observada en los estudios. Los valores I² se incluyen del 0 al 100 %, lo que representa: una pequeña cantidad de inconsistencia (entre el 25 % y el 50 %); una cantidad media de heterogeneidad (entre el 50 % y el 75 %); y una gran heterogeneidad (cuando el valor de I² era superior al 75 %). En este sentido, se aceptarían adjetivos bajos, moderados y altos, refiriéndose a los valores I² del 25 %, 50 % y 75 %, respectivamente, aunque una categorización restrictiva no sería adecuada en todas las circunstancias (Higgins et al., 2003).

ESTUDIO 2

El siguiente estudio se llevó a cabo de acuerdo con las directrices y recomendaciones sobre el fortalecimiento de la presentación de informes de estudios observacionales en epidemiología (STROBE) (Cuschieri, 2019; Von Elm et al., 2007).

Diseño y procedimiento de la investigación

El estudio tuvo un diseño correlacional cuantitativo. Para iniciar la investigación, el 4 de abril de 2022, se extendió una invitación a dos escuelas de la V región de Chile. Sin embargo, debido a la pandemia de COVID-19, solo uno aceptó participar en la investigación. El 27 de julio de 2022, la escuela que quería participar tenía un total de 74 estudiantes adolescentes. De estos, 14 no querían ser parte del estudio. Por lo tanto, la muestra consistió en 60 adolescentes que voluntariamente aceptaron formar parte del estudio. Se empleó el muestreo de conveniencia para reclutar participantes debido a la practicidad y accesibilidad de este método. Cada participante asistió al centro de medición durante cinco días con intervalos de 48 horas. Durante la primera visita, se realizaron evaluaciones antropométricas básicas. El segundo y tercer día tenían la intención de familiarizar a los participantes con la

prueba de fuerza prensil. Al cuarto día, se evaluó la prueba de fuerza prensil. En el quinto día, las variables psicosociales se evaluaron a través de las Escalas de *Depression Anxiety Stress Scales* (DASS-21) (Figura 1). Del mismo modo, se les pidió que no realizaran actividad física durante los días de evaluación para evitar una disminución en el rendimiento físico. Todas las pruebas propuestas en el estudio se realizaron bilateralmente, comenzando con la extremidad dominante de los participantes.

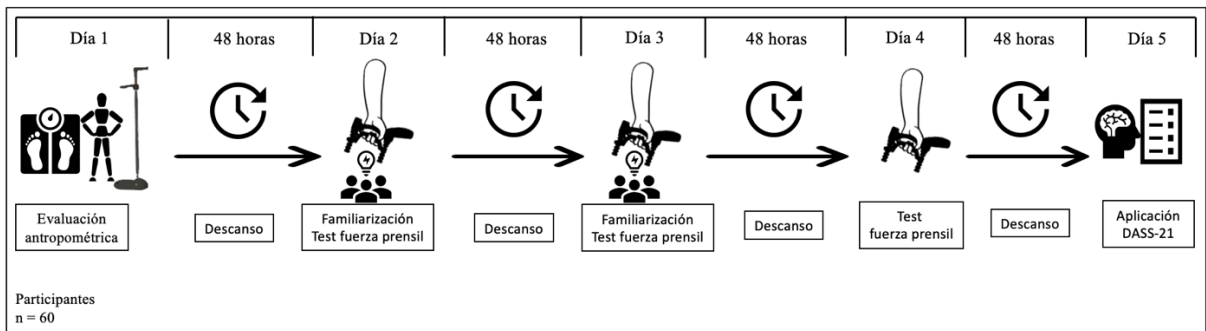


Figura1. Protocolo de estudio

Participantes

Se utilizó el software estadístico (G*Power, v3.1.9.7, Heinrich-Heine-Universität, Düsseldorf, Alemania) para determinar el tamaño de muestra apropiado (Faul et al., 2009). La combinación de pruebas utilizadas en el software estadístico para calcular el tamaño de la muestra fue la siguiente: (a) pruebas χ^2 , (b) pruebas de bondad de ajuste: Tablas de contingencia y (c) a priori: Calcular el tamaño de la muestra requerido, dado el α , la potencia y el tamaño del efecto. Las pruebas se consideraron dos colas, tamaño del efecto $w = 0,47$, α -err prob = 0,05, potencia ($1 - \beta$ err prob) = 0,8 y Df = 5. El tamaño total de la muestra apropiado fue de 59 participantes.

La muestra consistió en 60 adolescentes (28 mujeres y 32 hombres) (media $\pm$ desviación estándar [SD]: edad $15,11 \pm 1,78$ años). Todos los participantes tenían que cumplir con los siguientes criterios de inclusión: ser adolescentes de entre 13 y 17 años que estuvieran

matriculados en el establecimiento que aceptó la invitación al estudio, los sujetos no debían haber realizado un entrenamiento de fuerza regular (≥ 3 días a la semana) durante el último año, estar libres de lesiones musculoesqueléticas en las extremidades superiores durante las pruebas, leer y firmar un formulario de asentimiento informado, y hacer que sus tutores leyeran y firmaran un formulario de consentimiento informado. Aquellos que no cumplían con estos criterios fueron excluidos del estudio.

Aprobación ética y consentimiento para participar

El consentimiento informado se obtuvo de todos los participantes y de los tutores legales de los participantes que tenían menos de 17 años. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética Científica de la Universidad de Las Américas (ID del proyecto CEC_FP_2021028). Todos los métodos se llevaron a cabo de acuerdo con las directrices y regulaciones pertinentes (Association, 2013).

Antropometría

La altura (cm) se evaluó a través de un estadiómetro desde los pies hasta el vértice (plano de Frankford). El peso (kg) y el porcentaje de grasa (%) se evaluaron utilizando una báscula digital Tanita Inner Scan BC-554[®]. Para las medidas de peso, altura y porcentaje de grasa, se les pidió a los adolescentes que estuvieran descalzos utilizando pantalones cortos y una camiseta ligera. El IMC se determinó dividiendo los kilogramos de peso por el cuadrado de la altura en metros (kg/m^2). La circunferencia de la cintura (CC) se midió utilizando una cinta métrica Seca[®] modelo 201 (Hamburgo, Alemania) a la altura de la cicatriz umbilical (Schröder et al., 2014). La relación cintura-altura (WtHR) se obtuvo dividiendo CC por la altura. Se utilizó para estimar la acumulación de grasa en la zona central de "obesidad abdominal" del cuerpo, siguiendo los estándares internacionales (Chung et al., 2016). De

acuerdo con la evidencia reciente, un corte de $\geq 0,54$ fue óptimo para considerar el riesgo cardio metabólico para la región de América Latina (Ezzatvar et al., 2022).

Prueba de fuerza prensil

Antes de comenzar la prueba, cada participante realizó un calentamiento estandarizado durante 5 minutos: movimientos dinámicos de las extremidades superiores. Posteriormente, los participantes se pararon con el hombro aducido en rotación neutra. El codo debía estar en una extensión de 180° , y el antebrazo y la muñeca debían estar en una posición neutral (Mathiowetz, 2002). Luego, el dinamómetro de mano digital (JAMAR Plus[®]+, USA) se colocó en la mano del participante. Luego, el investigador indicó la palabra "apretar" para comenzar la prueba y "relajar" para terminar. La contracción voluntaria máxima de la prueba de fuerza prensil fue de 3-5 s. Cada participante realizó la prueba dos veces con cada mano (primero la mano derecha y luego la mano izquierda). Hubo una pausa de 120 segundos entre cada repetición y un descanso de 1 minuto antes de evaluar la otra extremidad. Todos los participantes recibieron apoyo verbal durante la ejecución de la prueba. El resultado promedio de las dos repeticiones para cada mano resultó en la fuerza muscular del agarre de la mano (HGS). Esto se utilizó para la caracterización de la muestra.

Índice de calidad muscular

El MQI fue calculado a través de una prueba de campo dividiendo el HGS por el índice de masa corporal (IMC) (Ezzatvar et al., 2022; Mathiowetz, 2002). La prueba de campo ha estado fuertemente correlacionada con un MQI de laboratorio (Melo et al., 2022). El MQI pobre se clasificó como $\leq 50^\circ$ y el MQI bueno como $> 50^\circ$.

Cuestionario DASS-21

Se utilizó la versión abreviada de las Escalas de *Depression Anxiety Stress Scales* (DASS-21), que ha sido adaptado cultural e idiomáticamente y exhibe fiabilidad y validez en los adolescentes chilenos (Lovibond & Lovibond, 1995; Román et al., 2016; Román Mella et al., 2014). Específicamente, la escala de Depresión evalúa la disforia, la falta de sentido, la auto depreciación, la falta de interés y la anhedonia. La escala de ansiedad considera los síntomas subjetivos y somáticos del miedo, la activación autonómica, la ansiedad situacional y la experiencia subjetiva de afecto ansioso. La escala de estrés evalúa la excitación inespecífica persistente, la dificultad para relajarse, la irritabilidad y la impaciencia. Todos los elementos de DASS-21 se responden en una escala de Likert (0 a 3 puntos) de acuerdo con la presencia e intensidad de los síntomas en la última semana. Cada escala tiene siete elementos; su puntuación total se calcula sumando la puntuación de todos los elementos, que puede variar entre 0 y 21 puntos (Lovibond & Lovibond, 1995).

Análisis estadístico

La distribución normal se probó con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Los valores se presentan como la media y la desviación estándar (SD) para las variables continuas. Las diferencias entre los valores medios según el grupo MQI se determinaron utilizando ANOVA y la prueba de la χ^2 . Una regresión lineal simple estimó la asociación entre el MQI y las variables psicológicas con un intervalo de confianza del 95 % (IC del 95 %). El sexo y la edad se incluyeron como covariables. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software estadístico SPSS versión 23.0 (SPSSTM Inc., Chicago, IL). El nivel alfa se estableció en $p < 0,05$ para la significancia estadística.

ESTUDIO 3

Este estudio de revisión sistemática fue realizado siguiendo los elementos de informes preferidos para las revisiones sistemáticas y meta-análisis de las guías (PRISMA) (Page et al., 2021).

Criterios de elegibilidad

Los artículos eran elegibles si estaban publicados o en prensa en una revista revisada por pares, con texto completo en inglés, español, francés, portugués y alemán. Los límites de búsqueda fueron los artículos publicados desde la fecha de inicio hasta el año 2023. Para ello, se establecieron los siguientes criterios de población, intervención, comparadores y resultados (PICO): (i) los participantes fueron niños y adolescentes sanos o con alguna patología entre 5 y 18 años; (ii) que hayan recibido la evaluación MQ – MQI en cualquiera de sus formas, ya sea a través de pruebas de campo o de laboratorio; (iii) Los comparadores fueron los diferentes tipos de prueba que permitan obtener MQI; (iv) Los resultados fueron la evaluación explícita de MQ – MQI. En este contexto y pese a que la masa, la fuerza, la densidad muscular son una medida muy común del rendimiento físico que puede indicar una disminución en la fuerza y función muscular (Jerez-Mayorga et al., 2019), no son una medida específica y explícita de MQI (Barbat-Artigas et al., 2012; Fragala et al., 2015). Por lo tanto, solo se incluyeron artículos que aparte de evaluar masa muscular, fuerza muscular o densidad muscular por sí solo, hayan incluido una o más variables en pruebas adicionales que permitan obtener de manera explícita una resultante de MQI o bien se haya mencionado en el estudio que se utilizó como medida de MQ; (v) El diseño del estudio se limitó a estudios experimentales, donde haya existido al menos una evaluación de las variables. Se excluyeron los estudios que no cumplieran con los criterios de elegibilidad. Las discrepancias encontradas fueron resueltas por consenso de los investigadores.

Fuentes de información y búsqueda

La búsqueda identificó artículos publicados en las siguientes bases de datos: Web of Science (WoS), Scopus, SPORTDiscus, PubMed y Medline. En cada una de las bases de datos se buscó en los campos de búsqueda de título, resumen y palabras clave. Las siguientes palabras clave fueron utilizadas y combinadas con operadores booleanos (*AND/OR*) (*[“adolescent” OR “adolescence” OR “teenager” OR “teen” OR “boys” OR “kids” OR “children” OR “child”] AND [“muscle quality” OR “MQI” OR “muscle quality index”]*). Dos autores (B-F., G y H.O., Á) buscaron y revisaron los estudios, y ambos decidieron si la inclusión de los estudios era apropiada. En caso de desacuerdo, se consultó a un tercer autor (C-R., L).

Extracción de Datos

La recolección de datos fue: autor, año, revista, objetivo, participantes, edad, formas de medir MQ – MQI.

RESULTADOS

ESTUDIO 1

En el siguiente apartado, se exponen cada uno de los resultados obtenidos en los estudios que componen esta Tesis Doctoral:

Artículos seleccionados

La búsqueda de literatura a través de bases de datos electrónicas identificó 375 artículos, de los cuales 189 eran duplicados. Los 166 artículos restantes se filtraron por título y resumen, y 20 estudios quedaban por leer y analizar. Después de revisar esos 20 estudios, 11 fueron eliminados porque no cumplían con los criterios de inclusión. Como resultado, se incluyeron nueve artículos en la revisión sistemática. De estos nueve, dos no cumplían con las características del meta-análisis, por lo que solo siete estudios formaban parte del meta-análisis. La estrategia de búsqueda y la selección del estudio se muestran en la Figura 2.

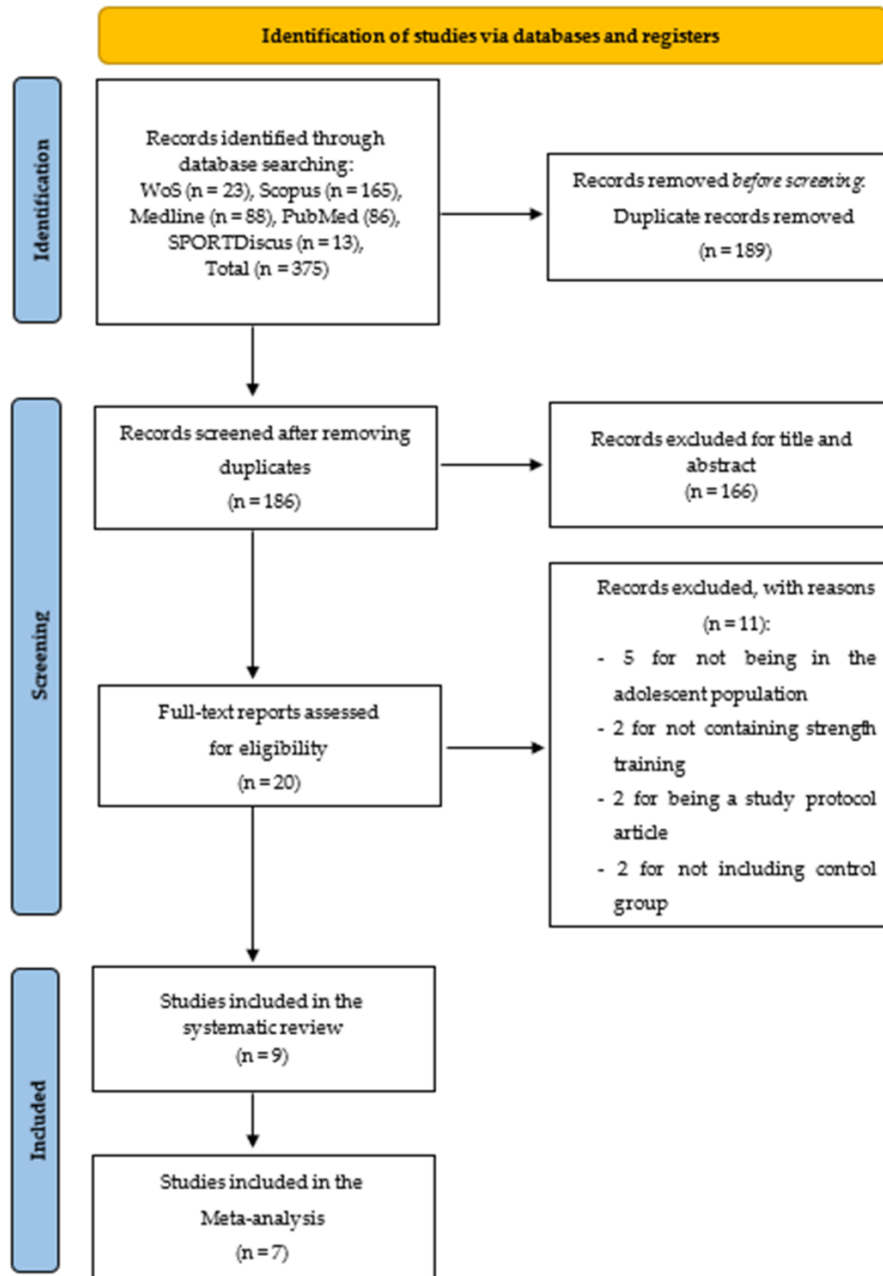


Figura 2. Diagrama de flujo PRISMA de los artículos seleccionados

De los nueve estudios incluidos en la revisión sistemática y el meta-análisis, uno determinó los efectos del entrenamiento de fuerza en los niveles de ansiedad (Nazari et al., 2020), cuatro en la depresión (Carter et al., 2015; Goldfield et al., 2015; B. A. Gordon et al., 2010; Wunram et al., 2018) y tres utilizaron las variables de ansiedad y depresión juntas

(Costigan et al., 2016; ElDeeb et al., 2020; Suh et al., 2019). Además, un artículo evaluó la salud mental (bienestar emocional, psicológico y social) (Eather et al., 2016), que se asocia comúnmente con los trastornos de ansiedad psicosocial y la depresión (Goodman et al., 1998). Por otro lado, el entrenamiento de fuerza se reflejó a través de los siguientes modos de intervención: CrossFit Teens™ (Eather et al., 2016), entrenamiento concurrente (EC) que combina ejercicios aeróbicos y de fuerza (Carter et al., 2015; Costigan et al., 2016; Goldfield et al., 2015; Nazari et al., 2020; Suh et al., 2019), entrenamiento de fuerza en plataforma de vibración (ElDeeb et al., 2020; Wunram et al., 2018) y entrenamiento de fuerza convencional (ElDeeb et al., 2020a; Goldfield et al., 2015a; Gordon et al., 2010a). Las características y el tipo de protocolo de entrenamiento de fuerza de los estudios seleccionados en esta revisión sistemática y meta-análisis se presentan en la Tabla 2 y Tabla 3.

Tabla 2. Características de los estudios incluidos en la revisión sistemática y el meta-análisis.

autor	Objetivo	Muestra	Variables	Resultados	Rendimiento físico
Efectos de la fuerza y el entrenamiento simultáneo en la ansiedad y la depresión					
Costigan et al.	Evaluar la eficacia de dos protocolos de entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) para mejorar los resultados de salud cognitiva y mental (función ejecutiva, bienestar psicológico, angustia psicológica y autoconcepto físico) en adolescentes	65 adolescentes, 45 M y 20 W CG: 22 (15,6 ± 0,6) EG1: 21 (15,7 ± 0,7) EG2: 22 (15,5 ± 0,6)	IV: HIIT (EG1); HIIT + ST (EG2) DV: Salud cognitiva y mental (evaluada a través de <i>Kessler Pshychological Distress Scale</i>).	ns	--
Eather et al.	Investigar la eficacia del programa de entrenamiento de resistencia para adolescentes CrossFit para mejorar los resultados de salud mental en los adolescentes y explorar posibles moderadores y mediadores.	96 adolescentes (15,5 ± 0,50) CG: 45 EG: 51	IV: Adolescentes de CrossFit. DV: Salud mental (evaluada a través del Cuestionario de Fortalezas y Dificultades)	ns	--
Suh et al.	Evaluar el efecto del ejercicio aeróbico combinado y de resistencia en adolescentes con diabetes tipo 1.	30 adolescentes con diabetes mellitus 1 EG: 20 (17,10 ± 4,54) CG: 10 (21,80 ± 3,05)	IV: CT. DV: Ansiedad, depresión (evaluada a través del Inventario de Depresión de Beck, el Inventario de Depresión Infantil, el Inventario de Ansiedad de rasgos estatales y la Escala de Ansiedad Manifiesta de Niños revisada). Control glucémico, función cardiovascular y aptitud física	EG ↑ ($p < 0,05$) en Vo2máximo y fuerza máxima. La ansiedad y la depresión eran ns.	↑ en ambos grupos
ElDeeb et al.	Comparar el efecto de la vibración de todo el cuerpo y el ejercicio resistivo en los síntomas premenstruales en adolescentes con síndrome premenstrual.	60 jóvenes sedentarios W CG: 20 (17,9 ± 1,16) EG1: 20 (17,7 ± 1,17) EG2: 20 (17,3 ± 1,41)	IV: VPT (EG1); ST (EG2). DV: Síntomas premenstruales, ansiedad y depresión (evaluados a través de la Encuesta de Impacto de los Síntomas Premenstruales)	EG1 y EG2, ↓ ($p < 0,05$) sus niveles de ansiedad y depresión, significativamente.	--
Efectos de la fuerza y el entrenamiento simultáneo en la ansiedad					
Nazari et al.	Explorar el efecto del entrenamiento aeróbico de resistencia concurrente en el nivel de cortisol sérico, la ansiedad y la calidad de vida entre los diabéticos pediátricos de tipo 1.	40 niños adolescentes con diabetes tipo 1. EG: 20 (11.22 ± 1.90) CG: 20 (11.00 ± 2.67)	IV: CT. DV: Ansiedad, nivel de cortisol sérico y calidad de vida (evaluada a través de la Escala de Ansiedad de Manifiesto Infantil Revisada).	EG ↓ ($p = 0,001$) ansiedad, significativamente. Calidad de vida ↑ significativamente ($p = 0,003$). El cortisol era ns.	--

Relación entre el índice de calidad muscular y los trastornos psicosociales en adolescentes

Efectos de la fuerza y el entrenamiento simultáneo en la depresión					
Goldfield et al.	Determinar los efectos del entrenamiento aeróbico, el entrenamiento de resistencia y el entrenamiento combinado en el estado de ánimo, la imagen corporal y la autoestima en adolescentes con obesidad.	304 adolescentes con obesidad. 91 M y 213 W CG: 76 (15,6 ± 1,3) EG1: 75 (15,5 ± 1,4) EG2: 78 (15,9 ± 1,5) EG3: 75 (15,5 ± 1,3)	IV: AT (EG1); ST (EG2); CT [AT + ST] (EG3) DV: Estado de ánimo con depresión, fatiga e ira (evaluado a través de la Escala de Estado de Ánimo de Brunel), imagen corporal y autoestima.	EG2 ↓ (p 0,02) sus niveles de depresión, significativamente.	--
Carter et al.	Para determinar la efectividad de una intervención de ejercicio de intensidad preferida sobre los síntomas depresivos de los adolescentes con depresión.	87 jóvenes con depresión. 9 M y 68 W CG: 43 (15,4 ± 0,9) EG: 44 (15,4 ± 1,0)	IV: CT. DV: Depresión (evaluada a través del inventario de depresión infantil 2), y calidad de vida	ns	--
Gordon et al.	Investigar los efectos diferenciales del ejercicio aeróbico graduado y el entrenamiento de resistencia progresiva sobre la tolerancia al ejercicio, la fatiga y la calidad de vida en pacientes adolescentes con síndrome de fatiga crónica.	22 adolescentes con fatiga crónica. EG1: 11 (16,2 ± 0,8) EG2: 11 (15,6 ± 1,6)	IV: AT (EG1); ST (EG2). DV: Tolerancia al ejercicio, fatiga y depresión (evaluada a través del Inventario de Depresión de Becks).	EG1 y EG2 ↓ (p 0,02 y p 0,03) niveles de depresión significativamente.	↑ en ambos grupos
Wunram et al.	Investigar la viabilidad y eficacia de un entrenamiento de vibración de cuerpo entero (WBV) de alta frecuencia como tratamiento antidepresivo adicional en adolescentes hospitalizados sin medicamentos con depresión mayor diagnosticada en comparación con una condición de ciclismo de resistencia.	64 adolescentes con depresión. EG1: 20 (16,1 ± 1,2) EG2: 21 (15,9 ± 1,2) CG: 23 (15,7 ± 1,1)	IV: Ergómetro (EG1); VPT (EG2). DV: Síntomas depresivos (evaluados a través del <i>Depression sinventar für Kinder und Jugendliche</i>).	La depresión fue después de 6w. Depresión ↓ después de 26w EG1 (p = 0,037) y EG2 (p = 0,042), significativamente.	EG1: ↑ EG2: =

↓: disminuye; =: igual; ↑: aumento; --: no medido; +: más; AT: entrenamiento aeróbico; CG: grupo de control; CT: entrenamiento concurrente; DV: variable dependiente; EG: grupo experimental; HR: frecuencia cardíaca; IV: variable independiente; M: hombres; min: minutos; MR: repeticiones máximas; ns: no significativa; P: pausa; R: repeticiones; S: sesiones; s: segundos; ST: entrenamiento de fuerza; VO2 máximo: consumo máximo de oxígeno; VPT: entrenamiento de plataforma de vibración; W: mujeres; w: semanas; Wo: trabajo; x: para.

Tabla 3. Características de las intervenciones de los entrenamientos de fuerza.

autor	W	S/w	Metodología	Representantes (n)	Conjuntos (n)	Intensidad/carga	Descanso entre sets
Costigan et al.	8	3	AT HIIT (EG1); Ejercicios cardiorrespiratorios de motricidad gruesa (shuttle runs, jumping jacks y saltos)	Número máximo de repeticiones en 30 s durante 8-10 minutos	NR	92,4 % (máx. HR)	30 s
	8	3	CT [HIIT + ST] (EG2); (sillas de transporte, saltos, saltos, combinados con sentadillas de peso corporal, flexiones)	Número máximo de repeticiones en 30 s durante 8-10 minutos	NR	91,8% (máx. HR)	30 s
Eather et al.	8	2	CrossFit (saltos en cuclillas, estocadas, lances de pelota medicinal, flexiones, peso muerto y presión en los hombros)	Dependiendo del rendimiento obtenido W anterior	NR	NR	NR
Suh et al.	12	1	CT [EN + ST] (10 minutos de extensión de piernas y prensa de piernas, y 40 minutos de ciclismo y caminata en la cinta de correr)	ST = 12 AT = 1	ST = 5 AT = 1	ST = 70% (1-MR) AT = 70-80% (máximo HR)	NR
ElDeeb et al.	12	3	VPT (con un ángulo de rodilla de 150° y una amplitud de vibración de 1 mm).	1 minuto	3-10	20 Hz	1 minuto
	12	3	ST (ejercicios para las articulaciones del hombro, el codo, la cadera y la rodilla).	3-12	1 para el hombro	60-70 % (1-MR)	2 minutos
Nazari et al.	16	3	CT [ST + AT] Ejercicios de Pilates de 20 minutos + ejercicios de peso corporal de 20 minutos. Luego, 20 minutos AT incluyendo 10 minutos de V-forward, V-back y 10 minutos de marzo)	ST = 8-12	ST = 2-3	ST = NR AT = 50-75% (máximo HR)	ST = 30 s AT = 2 minutos
Goldfield et al.	22	3	EN (EG1); (45 minutos de cinta de correr, elíptica y/o bicicleta)	1	1	65-85% (máx. HR)	NR
	22	3	ST (EG2); (Siete ejercicios con máquinas de pesas o pesas libres)	8-15	2-3	80% (1-MR)	NR

Relación entre el índice de calidad muscular y los
trastornos psicosociales en adolescentes

	22	3	CT [AT + ST] (EG3)	AT = 1 ST = 8-15	AT = 1 ST = 2-3	AT = 65-85% (máximo HR) ST = 80 % (1-MR)	NR
Carter et al.	6	2	CT [EN + ST] (ejercicios de abdomen y espalda; dos ejercicios de brazo de pelota medicinal desde la posición supina; ejercicios de rebote, equilibrio estático y dinámico en un trampolín; ejercicio de peso corporal en cuclillas contra una pared y una bicicleta estacionaria)	NR	NR	NR	NR
Gordon et al.	4	5	EN (20-40 minutos de bicicleta estacionaria y cinta de correr)	NR	NR	40-60 % (de reserva HR)	NR
	4	5	ST (16 ejercicios combinan la parte superior e inferior del cuerpo y la estabilidad del núcleo)	10-15	1	NR	NR
Wunram et al.	6	4	EN (Ergómetro)	NR	NR		
	6	4	ST [VPT] (contracciones de brazos y hombros, rotación del tronco, variedad de posiciones de piernas y sentadillas con 2-3 minutos para el ejercicio y amplitud de 2 mm)	NR	NR	20 Hz	3

AT: entrenamiento aeróbico; CT: entrenamiento simultáneo; EG: grupo experimental; HR: frecuencia cardíaca; min: minutos; MR: repeticiones máximas; NR: no reportado; s: segundos; ST: entrenamiento de fuerza; S/w: sesión por semana; VPT: entrenamiento de plataforma de vibración; w: semanas.

Riesgo de sesgo entre los estudios

El análisis de Egger sugirió que las variables primarias evaluadas en los estudios que formaban parte del meta-análisis mostraron un sesgo de publicación después del entrenamiento de fuerza y el entrenamiento concurrente: (a) ansiedad: $z = 2,69, p = 0,007$; (b) depresión: $z = 3,38, p = 0,0007$

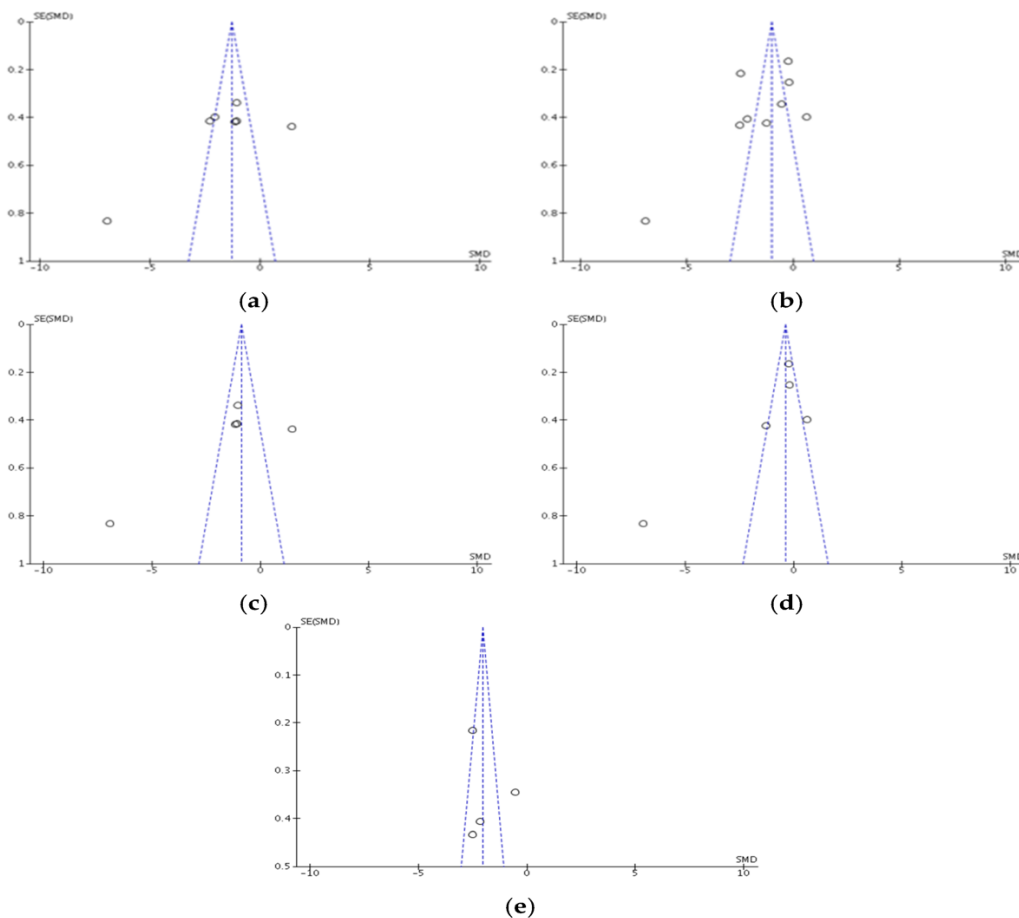


Figura 3. El error estándar en los diferentes modos de intervención de fuerza para la ansiedad y la depresión. (a) entrenamiento de fuerza y entrenamiento simultáneo para la ansiedad; (b) entrenamiento de fuerza y entrenamiento simultáneo para la depresión; (c) entrenamiento simultáneo para la ansiedad; (d) entrenamiento simultáneo para la depresión; (e) entrenamiento de fuerza para la depresión; SE: error estándar; SMD: diferencia media estandarizada

Evaluación de la calidad metodológica y el riesgo de sesgo de los estudios individuales

La evaluación de la calidad metodológica y el riesgo de sesgo de los siete estudios seleccionados para el meta-análisis mostró que el estudio desarrollado por Suh et al. (2019) tenía: un alto riesgo de sesgo para el dominio del sesgo de selección (generación de secuencias aleatorias, ocultación de asignación); riesgo poco claro de sesgo de rendimiento (cegamiento de los participantes y el personal de investigación); sesgo de detección (cegamiento de la evaluación de resultados); y sesgo de abandono (datos de resultados incompletos). Del mismo modo, Goldfield et al. (2015) mostraron un riesgo poco claro de sesgo para el sesgo de abandono. Por otro lado, el resto de los estudios (Carter et al., 2015; Costigan et al., 2016; ElDeeb et al., 2020; Nazari et al., 2020; Wunram et al., 2018) mostraron un bajo riesgo de sesgo para todos los dominios. Los detalles completos de cada estudio y dominio se presentan en la figura 4 y figura 5.

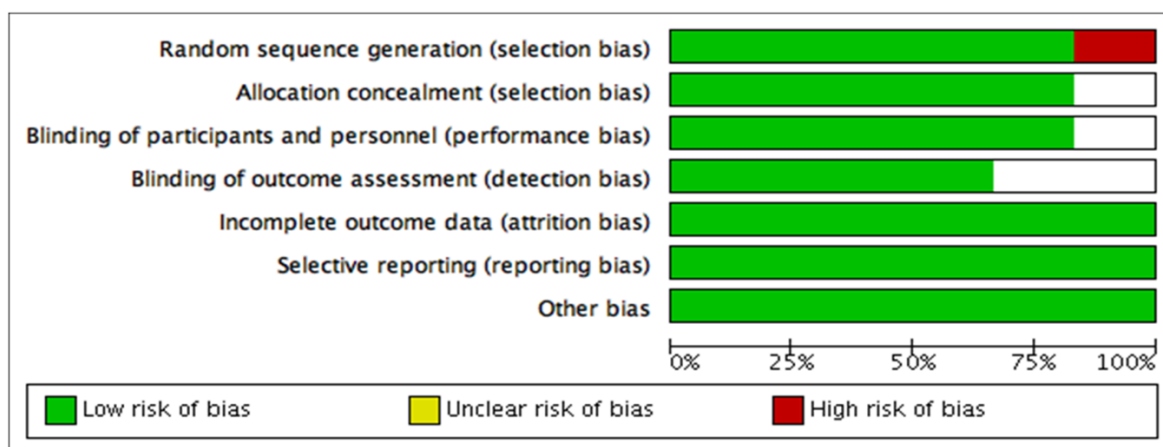


Figura 4. Gráfico de riesgo de sesgo: revisión del juicio de los autores sobre cada elemento de riesgo de sesgo presentado como porcentajes en todos los estudios incluidos.

	Random sequence generation (selection bias)	Allocation concealment (selection bias)	Blinding of participants and personnel (performance bias)	Blinding of outcome assessment (detection bias)	Incomplete outcome data (attrition bias)	Selective reporting (reporting bias)	Other bias
Carter et al. (2015)	+	+	+	+	+	+	+
Costigan et al. (2016)	+	+	+	+	+	+	+
EIDeeb et al. (2020)	+	+	+	+	+	+	+
Goldfield et al. (2015)	+	+	+		+	+	+
Nazari et al. (2020)	+	+	+	+	+	+	+
Suh et al. (2019)	-				+	+	+
Wunram et al. (2018)	+	+	+	+	+	+	+

Figura 5. Resumen del riesgo de sesgo: revisión del juicio de los autores sobre cada elemento de riesgo de sesgo para cada estudio incluido.

Meta-análisis

Efectos de los diferentes métodos de entrenamiento de fuerza en los niveles de ansiedad

Se consideraron cuatro estudios para este análisis (Costigan et al., 2016; ElDeeb et al., 2020; Nazari et al., 2020; Suh et al., 2019). Sin embargo, Suh et al. (2019) incluyeron tres cuestionarios de ansiedad en la investigación con resultados diferentes. Por otro lado, (ElDeeb et al., 2020) incluyeron dos métodos diferentes de entrenamiento para la intervención de la fuerza en el diseño de la investigación, una en una plataforma vibratoria y la otra entrenamiento convencional. Para el meta-análisis, el estudio de Suh et al. (2019) se consideró como tres diseños independientes. Del mismo modo, el estudio de ElDeeb et al. (2020) fue considerado como dos protocolos de entrenamiento independientes. Por lo tanto, se incluyeron siete estudios en el meta-análisis que calcularon el efecto del entrenamiento con diferentes modos de intervención de fuerza en los niveles de ansiedad. La figura 6 muestra que el entrenamiento con diferentes modos de intervención de fuerza tiene un efecto grande y significativo en el nivel de ansiedad ($SMD = -1,75$; $IC = 95\%: -3,03, -0,48$; $p = 0,007$). El meta-análisis mostró una alta heterogeneidad entre los estudios revisados ($I^2 = 94\%$; $p = 0,00001$). De los siete estudios analizados, seis informaron de un efecto beneficioso de diferentes métodos de entrenamiento de fuerza en los niveles de ansiedad (Costigan et al., 2016; ElDeeb et al., 2020; Nazari et al., 2020; Suh et al., 2019). Estos seis estudios mostraron un gran ES en los niveles de ansiedad: $ES = -6,93$ a través del K10 después del entrenamiento concurrente (Costigan et al., 2016); $ES = -2,06$ a través del PMSIS tanto en el grupo que recibió entrenamiento de fuerza en la plataforma de vibración como en el grupo que realizó el entrenamiento de fuerza convencional (ElDeeb et al., 2020); $ES = -1,04$ a través del CMAS para el grupo sometido a entrenamiento concurrente (Nazari et al., 2020); y $ES = 1,15$ y $ES = 1,06$ a través del STAI para el rasgo y el estado, respectivamente, en un grupo que llevó a

cabo entrenamiento simultáneo (Suh et al., 2019). Sin embargo, la investigación de Costigan et al. (2016) presentó un ES más alto (-6,93) que el resto. Por otro lado, uno de estos siete estudios no mostró ningún efecto después de la fuerza y el entrenamiento simultáneo en los niveles de ansiedad medidos por el CMAS (ES = 1,45) (Suh et al., 2019).

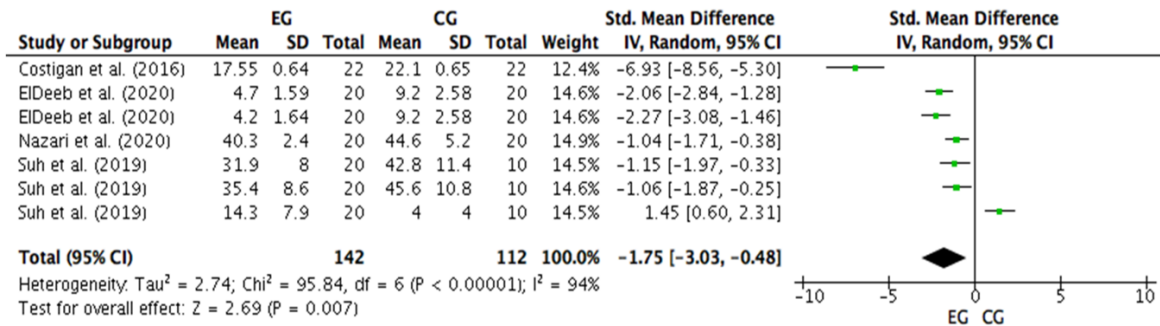


Figura 6. Forest plot que compara los efectos del entrenamiento con diferentes modos de intervención de fuerza en los niveles de ansiedad. EG: grupo experimental; CG: grupo de control; SD: desviaciones estándar.

Efectos del entrenamiento con diferentes modos de intervención de fuerza en los niveles de depresión

Se consideraron seis estudios para este análisis (Carter et al., 2015; Costigan et al., 2016; ElDeeb et al., 2020; Goldfield et al., 2015; Suh et al., 2019; Wunram et al., 2018). Sin embargo, ElDeeb et al. (2020) incluyeron dos protocolos diferentes de entrenamiento para la intervención de fuerza, una en una plataforma vibratoria y otra de entrenamiento de fuerza convencional en el diseño de la investigación. Por lo tanto, para el meta-análisis, el estudio de ElDeeb et al. (2020) se consideró como dos protocolos de entrenamiento independientes. Goldfield et al. (2015) utilizaron dos protocolos diferentes de entrenamiento para la intervención de fuerza, un entrenamiento de fuerza convencional y otro entrenamiento concurrente que combinaba ejercicios aeróbicos y de fuerza. Por lo tanto, el estudio de Goldfield et al. (2015) también se consideró como dos protocolos de entrenamiento

independientes. Por otro lado, Suh et al. (2019) incluyeron dos cuestionarios de depresión en la investigación con resultados diferentes. Por lo tanto, el estudio de Suh et al. (2019) se consideró como dos diseños independientes para el meta-análisis. Por lo tanto, se consideraron nueve estudios en el meta-análisis que calculó los efectos del entrenamiento con diferentes modos de intervención de fuerza en los niveles de depresión. La figura 7 muestra que el entrenamiento con diferentes modos de intervención de fuerza tiene un efecto grande y significativo en el nivel de ansiedad ($SMD = -1,61$; $IC = 95 \%: -2,54, -0,67$; $p = 0,0007$). El meta-análisis mostró una alta heterogeneidad entre los estudios revisados ($I^2 = 95 \%$; $p = 0,00001$). De los nueve estudios analizados, ocho de ellos informaron de un efecto beneficioso del entrenamiento con diferentes modos de intervención de fuerza en los niveles de depresión (Carter et al., 2015; Costigan et al., 2016; ElDeeb et al., 2020; Goldfield et al., 2015; Suh et al., 2019; Wunram et al., 2018). De estos ocho estudios, cinco mostraron una gran ES en los niveles de depresión. Midieron $ES = -6,93$ a K10 [61]; $ES = -2,15$ y $ES = -2,51$ a través del PMSIS en un grupo que recibió entrenamiento de fuerza en una plataforma vibratoria, y el grupo que realizó un entrenamiento de fuerza convencional (ElDeeb et al., 2020); $ES = -2,49$ a través de la Escala de Estado de Ánimo de Brunel (BRUMS) para el grupo que se somete a entrenamiento de fuerza convencional (Goldfield et al., 2015); y $ES = -1,25$ a través del BDI (Suh et al., 2019). Sin embargo, la investigación de (Costigan et al., 2016) presentó un ES más alto ($-6,93$) sobre el resto. Por otro lado, un estudio mostró una ES moderada ($-0,55$) a través del Inventario de Depresión Infantil y Adolescente (DIKJ) después del entrenamiento de fuerza en la plataforma de vibración (Wunram et al., 2018). Un estudio tuvo un pequeño ES ($-0,25$) en la depresión a través de los BRUMS para el grupo que se somete a entrenamiento concurrente (Goldfield et al., 2015). Finalmente, de los ocho estudios que informaron de efectos beneficiosos en los niveles de depresión después del entrenamiento

de fuerza y la intervención concurrente, solo uno obtuvo una ES trivial (-0,19) en la depresión a través de la 2ª Versión del Inventario de Depresión Infantil (CDI-2), después de un entrenamiento concurrente (Carter et al., 2015). Por otro lado, un estudio que midió la depresión a través del CDI no mostró ningún efecto después de la intervención convencional de entrenamiento de fuerza (ES = 0,62) (Suh et al., 2019).

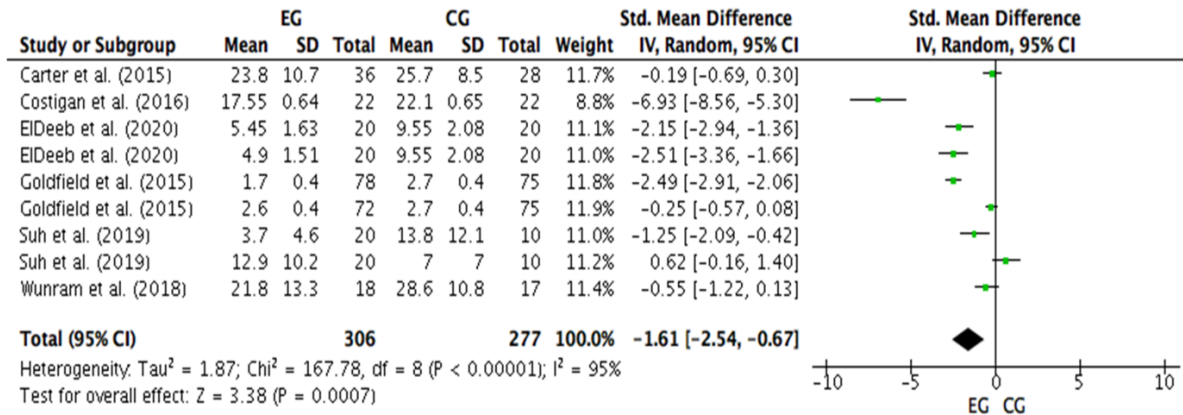


Figura 7. Forest plot que compara los efectos del entrenamiento con diferentes modos de intervención de fuerza sobre los niveles de depresión. EG: grupo experimental; CG: grupo de control; SD: desviaciones estándar.

Efectos del entrenamiento concurrente en la depresión

Se consideraron cuatro estudios para este análisis (Carter et al., 2015; Costigan et al., 2016; Goldfield et al., 2015; Suh et al., 2019). Sin embargo, Suh et al. (2019) incluyeron dos cuestionarios de depresión en la investigación con resultados diferentes. Por lo que, el estudio de Suh et al. (2019) se consideró como dos diseños independientes para el meta-análisis. Por lo tanto, se consideraron cinco estudios en el meta-análisis que calcularon el efecto del entrenamiento simultáneo en los niveles de depresión. La figura 8 muestra que el entrenamiento simultáneo genera un efecto grande y significativo en el nivel de ansiedad (SMD = -1,33; IC = 95 %: -2,55, -0,11; $p = 0,03$). El meta-análisis mostró una alta heterogeneidad entre los estudios revisados ($I^2 = 95\%$; $p = 0,00001$). De los cinco estudios analizados, cuatro de ellos informaron de un efecto beneficioso del entrenamiento simultáneo

en los niveles de depresión (Carter et al., 2015; Costigan et al., 2016; Goldfield et al., 2015; Suh et al., 2019). De estos cuatro estudios, dos de ellos mostraron un gran ES en los niveles de depresión medidos por el K10 (ES = -6,93) (Costigan et al., 2016) y el CDI (ES = -1,25) (Suh et al., 2019). Sin embargo, el estudio de Costigan et al. (2016) presentó un ES más alto (-6,93) por encima del de Suh et al. (2019). Un estudio también mostró un pequeño ES (-0,25) a través de los BRUMS (Goldfield et al., 2015). Finalmente, de los cuatro estudios que informaron efectos beneficiosos sobre los niveles de depresión después de la intervención de entrenamiento concurrente, solo uno obtuvo un ES trivial (-0,19) en la depresión a través del CDI, después del entrenamiento concurrente (Carter et al., 2015). Por otro lado, un estudio que midió la depresión a través del CDI no mostró ningún efecto después de la intervención de entrenamiento concurrente (ES = 0,62) (Suh et al., 2019).

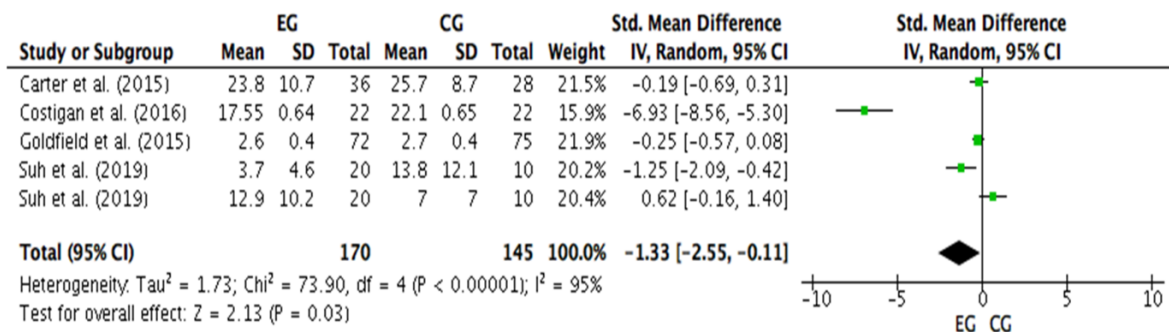


Figura 8. Forest plot que compara los efectos del entrenamiento concurrente en los niveles de depresión. EG: grupo experimental; CG: grupo de control; SD: desviaciones estándar.

Se consideraron tres estudios para este análisis (ElDeeb et al., 2020; Goldfield et al., 2015; Wunram et al., 2018). Sin embargo, ElDeeb et al. (2020) incluyeron dos protocolos diferentes de entrenamiento para la intervención de fuerza, una convencional y otra en una plataforma vibratoria. Por lo tanto, para el meta-análisis, el estudio de ElDeeb et al. (2020) se consideró como dos protocolos de entrenamiento independientes. Por lo tanto, se consideraron cuatro estudios en el meta-análisis que calcularon el efecto del entrenamiento

de fuerza en los niveles de depresión. La figura 9 muestra que el entrenamiento de fuerza genera un efecto grande y significativo en el nivel de depresión ($SMD = -1,92$; $IC = 95\%: -2,86, -0,98$; $p = 0,0001$). El meta-análisis mostró una alta heterogeneidad entre los estudios revisados ($I^2 = 88 \%$; $p = 0,0001$). Los cuatro estudios analizados declararon un efecto beneficioso del entrenamiento de fuerza en los niveles de depresión (ElDeeb et al., 2020; Goldfield et al., 2015; Wunram et al., 2018). De estos cuatro estudios, tres mostraron una gran ES en los niveles de depresión. El ES se midió a través del PMSIS tanto en el grupo que recibió entrenamiento de fuerza en la plataforma de vibración ($ES = -2,15$) como en el grupo que realizó el entrenamiento de fuerza convencional ($ES = -2,51$) (ElDeeb et al., 2020), y a través de los BRUMS en el grupo que se sometió a entrenamiento de fuerza convencional ($ES = -2,49$) (Goldfield et al., 2015). Un estudio también mostró una ES moderada a través del DIKJ después del entrenamiento de fuerza en la plataforma de vibración ($ES = -0,55$) (Wunram et al., 2018).

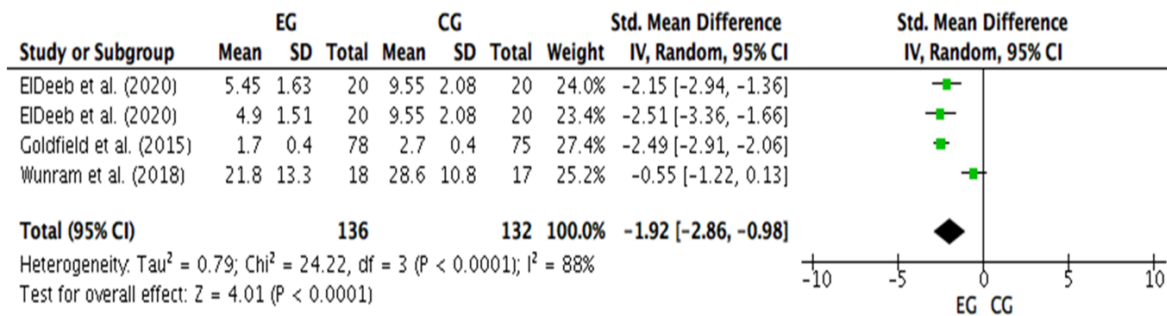


Figura 9. Forest plot que compara los efectos del entrenamiento de fuerza convencional y de la plataforma de vibración en los niveles de depresión. EG: grupo experimental; CG: grupo de control; SD: desviaciones estándar.

ESTUDIO 2

La Tabla 4 muestra la comparación de acuerdo con el MQI. El grupo de MQI alto presentó puntuaciones más bajas de depresión ($7,50 \pm 6,06$ frente a $10,97 \pm 5,94$), ansiedad ($5,64 \pm 4,81$ frente a $9,66 \pm 5,12$) y estrés ($6,79 \pm 5,09$ frente a $10 \pm 5,58$) puntuaciones que el grupo de MQI bajo. Además, el MQI alto tenía obesidad abdominal más baja (WtHR, $0,47 \pm 0,07$ frente a $0,52 \pm 0,07$).

Tabla 4. Comparación de variables según el índice de calidad muscular

	Alta MQI (<i>n</i> = 28)	Baja MQI (<i>n</i> = 32)	Total (<i>n</i> = 60)		
	Media $\pm$ SD	Media $\pm$ SD	Media $\pm$ SD	F	valor <i>p</i>
MQI	15,36 $\pm$ 1,77	14,91 $\pm$ 1,80	15.12 $\pm$ 1.79	0,951	0,333
Masa corporal (kg)	68,29 $\pm$ 19,06	72,80 $\pm$ 17,30	70,70 $\pm$ 18,13	0,920	0,341
Altura (cm)	169,11 $\pm$ 7,45	160,09 $\pm$ 6,37	164,30 $\pm$ 8,20	25,537	0.000
IMC (kg/m²)	23.64 $\pm$ 5.33	28,20 $\pm$ 5,42	26,07 $\pm$ 5,80	10,734	0,002
grasa corporal (%)	22.00 $\pm$ 9,65	34,52 $\pm$ 7,55	28,67 $\pm$ 10,59	31,714	0.000
Depresión	7.50 $\pm$ 6,06	10,97 $\pm$ 5,94	9.35 $\pm$ 6.20	4.991	0,029
Ansiedad	5,64 $\pm$ 4,81	9,66 $\pm$ 5,12	7,78 $\pm$ 5,33	9.704	0,003
Estrés	6.79 $\pm$ 5,09	10.00 $\pm$ 5,58	8,50 $\pm$ 5,56	5,369	0,024
WtHR (WC/tamaño)	0,47 $\pm$ 0,07	0.52 $\pm$ 0,07	0.50 $\pm$ 0.07	11,491	0,001

IMC Índice de masa corporal, *kg* Kilogramos, *MQI* Índice de calidad muscular, *SD* Desviación estándar, Circunferencia de la cintura *WC*, *WtHR* Relación cintura-altura. Los datos se muestran como la media y la SD

El grupo de MQI alto informó de una mayor prevalencia de no ansiedad (81,3%, *p* = 0,031) y una menor prevalencia de obesidad abdominal (55,8%, *p* = 0,023) (Tabla 5).

Tabla 5. Proporción de variables según el índice de calidad muscular

		MQI		Total	valor <i>p</i>
		Alta MQI	Baja MQI		
Depresión	No	11	4	15	<i>p</i> = 0,175
		73,3%	26,7%	100,0%	
	Bajo	3	5	8	
		37,5%	62,5%	100,0%	
	Moderado	5	9	14	
		35,7%	64,3%	100,0%	
	Severo	4	4	8	
		50,0%	50,0%	100,0%	
Ansiedad	No	5	10	15	<i>p</i> = 0,031
		33,3%	66,7%	100,0%	
	Bajo	13	3	16	
		81,3%	18,8%	100,0%	
	Moderado	1	2	3	
		33,3%	66,7%	100,0%	
	Severo	5	9	14	
		35,7%	64,3%	100,0%	
Estrés	No	2	3	5	<i>p</i> = 0,176
		40,0%	60,0%	100,0%	
	Bajo	7	15	22	
		31,8%	68,2%	100,0%	
	Moderado	18	11	29	
		62,1%	37,9%	100,0%	
	Leve	4	7	11	
		36,4%	63,6%	100,0%	
Obesidad abdominal	Moderado	2	2	4	<i>p</i> = 0,023
		50,0%	50,0%	100,0%	
	Severo	2	7	9	
		22,2%	77,8%	100,0%	
	Extremo	2	5	7	
		28,6%	71,4%	100,0%	
Obesidad abdominal	No	24	19	43	<i>p</i> = 0,023
		55,8 %	44,2%	100,0%	
	Obesidad abdominal	4	13	17	
		23,5%	76,5%	100,0%	

Los datos mostrados representan *n* (%)

La regresión lineal simple se muestra en la Tabla 6. Se observó una asociación inversa entre el MQI y la depresión (β ; -6,18, IC 95%; -10,11: -2,25, $p = 0,003$), ansiedad (β ; -6,61, IC 95%; -9,83: -3,39, $p < 0,001$) y estrés (β ; -4,90, IC 95%; -8.49: -1,32 $p = 0,008$) (Tabla 6).

Cuando las variables se ajustaron para el sexo y la edad, los valores de ansiedad se mantuvieron significativos ($P = 0,006$).

Tabla 6. Asociación entre el índice de calidad muscular y las variables psicosociales

	Coeficientes estandarizados				SE	Intervalo de confianza del 95 % para B		valor <i>p</i>
	B	95% CI	Límite superior	Beta		Límite inferior	Límite superior	
Depresión	-6,18	-10,11	-2,25	-0.38	1,96	-10,11	-2,25	<i>P</i> = 0,003
*	-4,14	-9.28	0,99	-0,26	2,56	-9.28	0,99	<i>P</i> = 0,112
Ansiedad	-6,61	-9,83	-3,39	-0,47	1.61	-9,83	-3,39	<i>p</i> < 0,001
*	-6,02	-10,28	-1,77	-0,43	2,12	-10,28	-1,77	<i>P</i> = 0,006
Estrés	-4,90	-8,49	-1,32	-0,34	1,79	-8,49	-1,32	<i>P</i> = 0,008
*	-2,66	-7,31	1,99	-0,18	2,32	-7,31	1,99	<i>P</i> = 0,257

Los datos que se muestran representan β y IC del 95 %. *Representa la variable ajustada por sexo y edad

ESTUDIO 3

Selección de Estudios

La búsqueda bibliográfica en bases de datos electrónicas identificó 253 artículos, de los cuales 123 eran duplicados. De los 130 artículos restantes, 86 fueron filtrados por título y resumen, por lo que 44 estudios quedaron por leer y analizar de forma completa. Después de revisar esos 44 estudios, 27 fueron eliminados porque no cumplían con los criterios de inclusión. Como resultado, se incluyeron 16 artículos en la revisión sistemática. La estrategia de búsqueda y la selección de estudios se muestran en la Figura 10. Mientras que las características de los estudios seleccionados en esta revisión sistemática se presentan en la Tabla 7.

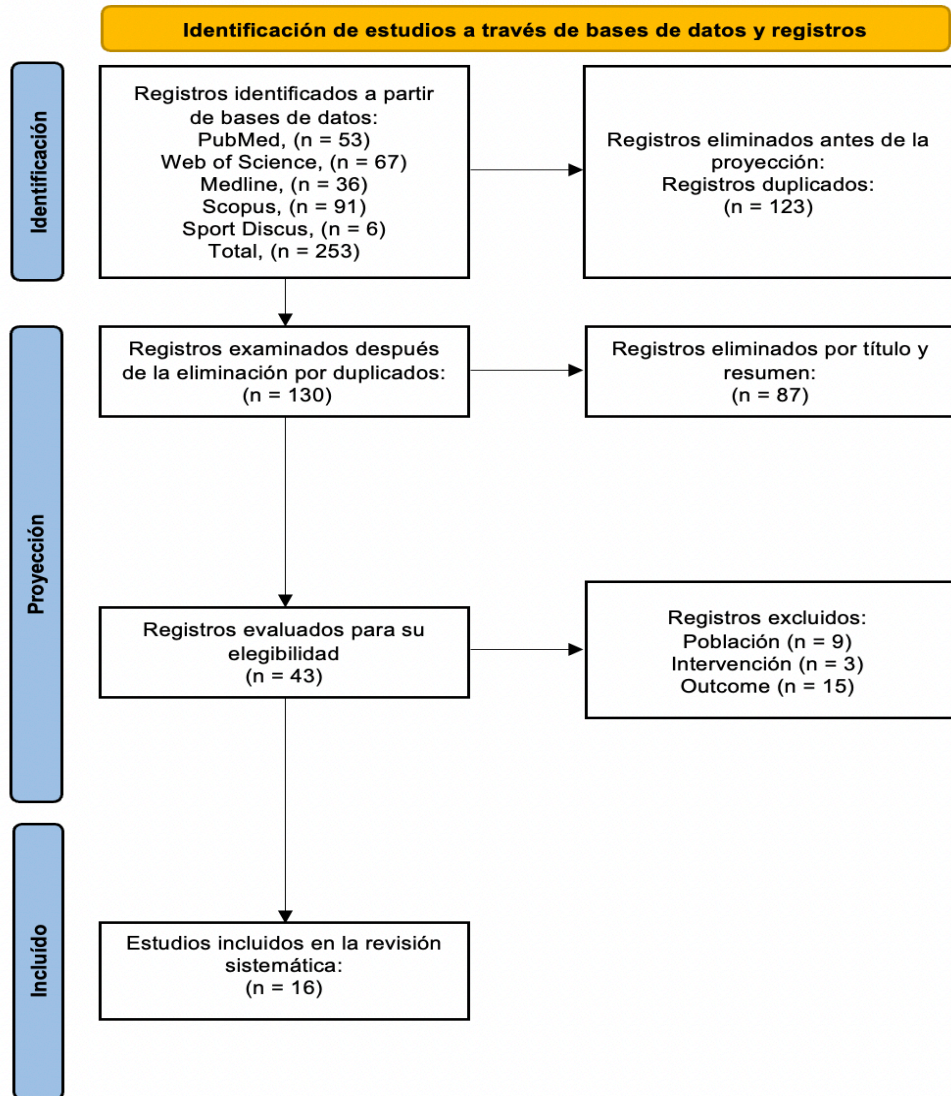


Figura 10. Flujograma PRISMA estrategia de búsqueda y selección de búsqueda

Tabla 7. Características de estudios incluidos en la revisión y forma de medir MQ-MQI

Autor	Objetivo	Participantes	Forma de medir MQ-MQI
Akamatsu et al.	Evaluar la relación entre el PhA y la calidad muscular y los parámetros relacionados con los músculos, y determinar los factores asociados con el PhA. Y determinar el valor de corte de PhA para predecir la sarcopenia.	830 adolescentes hombres edad ($18,5 \pm 0,6$). 422 adolescentes mujeres edad ($18,3 \pm 0,5$).	Fuerza prensil (kg) dividido por masa muscular de las extremidades superiores (kg).
Delgado-Floody et al.	Investigar la asociación entre la CVRS, el estado físico (es decir, la antropometría y la condición física), el estilo de vida (es decir, el TS y la actividad física) y el MQI, para luego determinar el posible papel mediador del MQI en la relación del TS y la obesidad abdominal con la CVRS en escolares chilenos.	332 escolares mujeres ($11,62 \pm 1,08$ años). 418 escolares hombres ($11,66 \pm 1,16$ años).	Fuerza prensil dividido por Índice de Masa Corporal (IMC).
Dubois et al.	Introducir un índice de anisotropía de textura (TAI) como un enfoque basado en la textura para estimar la calidad muscular en las ecografías en modo B.	10 pacientes con distrofia muscular de Duchenne confirmada genéticamente. ($12,1 \pm 6,1$ años) y 10 sujetos controles sanos ($11,1 \pm 5,5$ años) no se especifica sexo	Anisotropía de textura muscular a través de imagen de ultrasonido.
Fukunaga et al.	Clarificar el efecto de la maduración en la calidad muscular de los músculos de las extremidades inferiores alrededor de la pubertad.	47 adolescentes hombres prepúber en etapa de Tanner I a II ($13,3 \pm 0,5$ años)	Fuerza isométrica máxima de tren inferior dividido por volumen muscular de tren inferior.

		70 adolescentes hombres en etapa Tanner III a V (14,0 ± 0,6 años).	
Barahona-Fuentes et al.	Determinar la relación que existe entre MQI y variables psicosociales en adolescentes chilenos.	60 adolescentes; 32 hombres y 28 mujeres (14,3 ± 0,5 años).	Fuerza prensil dividido por Índice de Masa Corporal (IMC).
Jain et al.	Medir los cambios en el grosor muscular y la ecogenicidad, reflejando el volumen muscular y la calidad, respectivamente, del cuádriceps femoral, en niños críticamente enfermos.	58 participantes; 36 hombres y 22 mujeres (edad media, 6 años).	La calidad muscular se evaluó mediante el software ImageJ (Ultrasonografía) para determinar la ecogenicidad media del musculo.
Kang et al.	Investigar la asociación entre la fuerza de prensión manual y los patrones de ingesta dietética en adolescentes coreanos.	2327 adolescentes hombres y mujeres sin especificar cantidad por sexo (entre 10–18 años).	Fuerza prensil dividido por peso corporal (kg).
Kang et al.	Investigar la relación entre la fuerza de prensión manual y el síndrome metabólico y cada una de las características del síndrome metabólico en adolescentes.	1050 adolescentes hombres y mujeres sin especificar cantidad por sexo (entre 10–18 años).	Fuerza prensil dividido por peso corporal (kg).
Kołodziej & Czajka	Evaluar la composición corporal y la fuerza muscular, así como analizar la relación entre la calidad funcional muscular y los parámetros de impedancia en niños de 6 y 7 años.	292 niños; 151 hombres y 141 mujeres (6,35 ± 0,57 años).	Fuerza prensil dividido por la sumatoria de masa muscular de extremidades superiores e inferiores a través de impedancia bioeléctrica.

Lee et al.	Relaciones entre la sensibilidad a la insulina, la masa del músculo esquelético y la calidad del músculo esquelético en la juventud.	40 adolescentes hombres con obesidad ($15,0 \pm 1,6$ años).	MQ evaluado a través de tejido adiposo intermuscular entrelazado entre los haces de fibras y bajo la fascia lata, mediante un dispositivo de ultrasonido portátil.
Melo et al.	Comparar el IMC entre adolescentes con y sin síndrome down y evaluar las estimaciones de laboratorio versus las de campo de la MQI.	56 adolescentes: 26 con síndrome down; 13 hombres y 17 mujeres ($12,38 \pm 3,07$); 30 sin síndrome down; 9 hombres y 17 mujeres ($12,46 \pm 2,88$).	El MQI de laboratorio se derivó de la relación entre fuerza prensil y la masa muscular del brazo (kg) medida mediante DXA. El MQI de campo se cuantificó a partir de la relación entre fuerza prensil e IMC.
Mota et al.	Examinar la asociación entre la intensidad del eco y la tensión específica en niños de escuela media.	25 adolescentes hombres (12 ± 1 años).	Uso de ecografía en vasto lateral y recto femoral. Valores de intensidad del eco se determinaron como el índice correspondiente de calidad muscular que oscila entre 0 y 255 unidades arbitrarias.
Naimo & Gu	Examinar la asociación entre entrenamiento de resistencia y MQ en adolescentes utilizando datos fácilmente disponibles necesarios para realizar un estudio de cohorte a gran escala.	605 adolescentes; 318 hombres y 287 mujeres (entre 12 a 15 años).	relación entre fuerza prensil y la masa muscular del brazo (kg) medida mediante DXA.
Peeters et al.	Estudiar las asociaciones entre la espasticidad y la morfología muscular y comparar la morfología muscular entre los patrones de espasticidad	74 sujetos; 38 hombres y 36 mujeres entre 3 y 18 años (edad media de 8 años).	Ultrasonido tridimensional a mano alzada (la intensidad de la ecogenicidad) se utilizó como MQ.

	comúnmente observados (es decir, diferentes patrones de activación muscular durante los estiramientos pasivos).		
Willcocks et al.	Describir el desarrollo de contracturas a lo largo del tiempo en una gran cohorte de individuos con distrofia muscular de Duchenne en relación con la capacidad ambulatoria, el rendimiento funcional y la calidad muscular medida mediante resonancia magnética y espectroscopia.	178 Participantes hombres (8,9 ± 2,9 años de edad) con distrofia muscular de Duchenne.	MQI = Espectroscopía de resonancia Magnética para obtener nivel de creatina y fosfocretina muscular y esta se divide por densidad de protones de agua.
Wokke et al.	Evaluar la calidad de la musculatura de la pierna y proporcionar una descripción detallada de la afectación de la musculatura de la pierna en una serie de pacientes con distrofia muscular de Duchenne mediante repeticiones máximas cuantitativa y mediciones de fuerza.	16 Participantes hombres con distrofia muscular de Duchenne entre 8 a 14 años (edad media 11,4 ± 2,2 años) y 11 hombres sanos entre 8 a 15 años (edad media 10,7 ± 2,1 años).	la MQ se determinó a través de la fuerza muscular máxima dividido por cantidad de tejido muscular del muslo y pantorrilla.

DISCUSIÓN

A continuación, se discuten los principales resultados para cada uno de los estudios presentados en la siguiente tesis doctoral:

ESTUDIO 1

Respecto a los estudios incluidos en la revisión sistemática y el meta-análisis, los resultados mostraron que el entrenamiento concurrente (Carter et al., 2015; Costigan et al., 2016; Goldfield et al., 2015; Nazari et al., 2020; Suh et al., 2019), el entrenamiento de fuerza convencional (ElDeeb et al., 2020; Goldfield et al., 2015; Gordon et al., 2010), el entrenamiento de fuerza en plataforma de vibración (ElDeeb et al., 2020; Wunram et al., 2018) y el entrenamiento de fuerza a través de Crossfit™ Teens (Eather et al., 2016) se habían utilizado para controlar o disminuir los niveles de ansiedad y depresión. Por lo tanto, fue posible demostrar que el ejercicio físico, a través del entrenamiento de fuerza independientemente de su modalidad, produce disminuciones en los niveles de ansiedad ($ES = -1,75$) y depresión ($ES = -1,61$) en 448 sujetos adolescentes (142 y 306, respectivamente). Otros meta-análisis indicaron un efecto de pequeño a moderado para la ansiedad (Gordon et al., 2017) y la depresión (Carneiro et al., 2020). Estas investigaciones en la población adulta determinaron los efectos del entrenamiento de fuerza en la ansiedad y la depresión (Carneiro et al., 2020; Gordon et al., 2017). Sin embargo, solo incluyeron ensayos controlados aleatorios y excluyeron aquellos que combinaban el entrenamiento de fuerza con otra modalidad, como el entrenamiento concurrente y el entrenamiento de fuerza en plataforma de vibración (Carneiro et al., 2020; Gordon et al., 2017). Esto difiere de nuestro meta-análisis, que mostró un efecto grande después del entrenamiento con diferentes modos de intervención de la fuerza en los niveles de ansiedad y depresión en la población adolescente. Estas

diferencias pueden ser producto del nivel de neuro plasticidad que existe en los adolescentes sobre los adultos (Wu et al., 2020), lo que permitiría una mayor modelación del desarrollo cerebral (Suzuki et al., 2013) y, por lo tanto, proporcionaría beneficios más alentadores para la salud mental de los adolescentes (Wu et al., 2020).

Rendimiento físico y trastornos psicosociales de ansiedad, estrés y depresión

Al final de esta revisión sistemática, los únicos efectos del rendimiento físico reportados y asociados con el entrenamiento de fuerza fueron la fuerza máxima y el consumo máximo de oxígeno. Sin embargo, solo tres estudios evaluaron estas variables (Gordon et al., 2010; Suh et al., 2019; Wunram et al., 2018), y solo dos de estos mostraron un aumento en el rendimiento físico para los grupos sometidos a entrenamiento de fuerza (Gordon et al., 2010; Suh et al., 2019). Gordon et al. (2010) intervinieron en un grupo con AT y otro con ST, mostrando una disminución en las variables de depresión en ambos grupos. Sin embargo, los mismos autores mostraron un aumento ($p = 0,05$) en *push-up* para el grupo ST en comparación con el grupo AT ($p > 0,05$). Del mismo modo, hay evidencia de que el ejercicio físico a través del entrenamiento de fuerza produce diferentes adaptaciones fisiológicas, como el aumento de la masa muscular, la fuerza muscular y la potencia muscular (Barahona-Fuentes et al., 2019; Ojeda et al., 2016). Estos tres conceptos juntos están fuertemente asociados con la calidad muscular (Fragala et al., 2015), que se refiere a la capacidad de los músculos esqueléticos para realizar varias funciones de manera efectiva, incluyendo la producción de fuerza, la contracción y la relajación, el metabolismo, la rotación y el almacenamiento del sustrato, la generación de calor, la producción de miosinas y la conducción eléctrica (Fragala et al., 2015). En este contexto, la literatura ha descrito que bajos niveles de fuerza muscular pueden reflejar una calidad muscular débil (Barbat-Artigas

et al., 2012), mientras que una calidad muscular alta puede ayudar a prevenir enfermedades crónicas (Wolfe, 2006). También se ha asociado que los adolescentes que presentan algunas enfermedades crónicas tienen un nivel más alto de ansiedad y síntomas depresivos (Lacomba-Trejo et al., 2020). Por lo tanto, una posible asociación entre la fuerza y la calidad muscular con los trastornos psicosociales podría ser el aumento del hipocampo y la activación de algunos marcadores. Sin embargo, esto no se ha establecido; hasta ahora, por lo que solo sería especulación.

Efectos de los diferentes métodos de entrenamiento de fuerza asociados con los trastornos psicosociales de ansiedad, estrés y depresión

En específico, el entrenamiento de fuerza a través de un método concurrente ha sido el más utilizado para mitigar o disminuir la ansiedad y la depresión en los adolescentes (Carter et al., 2015; Costigan et al., 2016; Goldfield et al., 2015; Nazari et al., 2020; Suh et al., 2019). En específico, Wegner et al. (2020) mostraron que los meta-análisis que han estudiado el efecto del ejercicio físico en la depresión son principalmente estudios que involucran ejercicio aeróbico y no entrenamiento de fuerza. Por tanto, la evidencia indica que el ejercicio aeróbico es una alternativa favorable para reducir la ansiedad y la depresión en niños y adolescentes (Wegner et al., 2020). Sin embargo, el ES ($>0,8$) obtenido en el presente meta-análisis sugiere que el entrenamiento de fuerza, independientemente de su modalidad, es una buena alternativa para controlar los trastornos psicosociales en los adolescentes (Cohen, 2013). Este meta-análisis ha demostrado que tanto los métodos de entrenamiento de fuerza, convencionales como a través de uno concurrente, presentan un ES grande en los niveles de depresión. Al realizar una subdivisión de los métodos de entrenamiento y determinar sus efectos en la depresión, la evidencia de entrenamiento concurrente entrega un ES = 1,33, además de una evidencia de entrenamiento de fuerza con un ES = 1,92. Esto puede

indicar beneficios de depresión más significativos a través del entrenamiento de fuerza convencional sobre el entrenamiento concurrente. Las causas pueden ser las posibles interferencias fisiológicas que el entrenamiento aeróbico causaría en la hipertrofia y la fuerza muscular inducidas por el entrenamiento de fuerza (Coffey & Hawley, 2017). La evidencia científica muestra que los altos niveles de hipertrofia muscular y fuerza son estimulados por hormonas anabólicas como la hormona del crecimiento (GH) (Kraemer et al., 2017; Schoenfeld, 2010) y posiblemente por el factor de crecimiento insulínico tipo -1 (IGF-1) (Wackerhage et al., 2019). En este contexto, se ha descrito que la GH y el IGF-1 tendrían un papel fundamental en el crecimiento y el mantenimiento del sistema nervioso central y el sistema nervioso periférico (Bianchi et al., 2017). Sin embargo, otros estudios (Levada et al., 2020; Sharma et al., 2016; Troyan & Levada, 2020) han demostrado que los valores altos de IGF-1 están asociados con niveles más altos de depresión. Del mismo modo, un reciente meta-análisis mostró que se encuentran niveles más altos de IGF-1 en el ejercicio aeróbico por sobre el entrenamiento de fuerza (de Alcantara Borba et al., 2020). Este trasfondo puede explicar en parte por qué hay beneficios más significativos para la depresión a través del entrenamiento de fuerza convencional que a través del entrenamiento concurrente y aeróbico. Sin embargo, esta teoría debe tomarse con precaución porque el papel del IGF-1 no es concluyente para el tratamiento y el diagnóstico de la depresión (Carvalho et al., 2015; Sharma et al., 2016). Por otro lado, debido a la baja cantidad de información científica, no pudimos comparar el efecto del entrenamiento concurrente y el entrenamiento de fuerza en los niveles de ansiedad porque hubo más estudios con entrenamiento concurrente (Costigan et al., 2016; Nazari et al., 2020; Suh et al., 2019) por sobre el entrenamiento de fuerza (ElDeeb et al., 2020).

Efectos de la fuerza y desarrollo cerebral asociados con trastornos psicosociales de ansiedad, estrés y depresión

Simultáneamente, el meta-análisis mostró que el entrenamiento de fuerza, independientemente de su modalidad, no presenta evidencia de niveles de estrés en los adolescentes (Carter et al., 2015; Costigan et al., 2016; Eather et al., 2016; ElDeeb et al., 2020; Goldfield et al., 2015; Gordon et al., 2010; Nazari et al., 2020; Suh et al., 2019; Wunram et al., 2018). Pese a esto, Nazari et al. (2020) evaluaron los niveles de cortisol como un signo de estrés (Smyth et al., 1998); sin embargo, en nuestro meta-análisis, no ha sido posible establecer esta asociación, ya que el cortisol no sería una medida confiable en los adolescentes (Wu et al., 2020). En relación a esto, Wu et al. (2020) concluyeron que el estrés percibido a través de cuestionarios es un indicador más sensible que la medición del cortisol para reflejar los estados emocionales y diagnosticar los niveles de estrés en los adolescentes, principalmente debido a los factores de desarrollo de la neuroplasticidad presentes en el cerebro de los adolescentes (Suzuki et al., 2013; Wu et al., 2020). El estrés también se ha asociado con síntomas de ansiedad y depresión (Fiksdal et al., 2019). Por otro lado, la depresión se ha asociado con el estrés y la reducción del hipocampo (Burke et al., 2005). En este contexto, algunos estudios han encontrado una asociación entre un volumen de hipocampo más bajo con síntomas depresivos más significativos (McKinnon et al., 2009; Rao et al., 2010). Además, el volumen del hipocampo está relacionado con la gravedad de los síntomas depresivos y la duración de la enfermedad (Cheng et al., 2010). Además, la literatura ha descrito que el comportamiento sedentario puede tener el potencial de influir negativamente en la estructura cerebral de los niños con sobrepeso u obesos (Zavala-Crichton et al., 2020). Por el contrario, el ejercicio físico puede tener implicaciones importantes para el desarrollo del cerebro (Wittfeld et al., 2020) y, por lo tanto, en los trastornos psicosociales

(Gorham et al., 2019). En específico, un estudio realizado por Feter et al. (2018), evidenciaron que las adaptaciones cerebrales ocurrían producto del aumento del volumen del hipocampo inducido por el ejercicio físico. Además, existen indicios de que el entrenamiento de fuerza puede generar respuestas positivas en el volumen del hipocampo y un aumento en la concentración de IGF-1, que podría desempeñar un papel esencial en la creación y protección de las neuronas (Morel et al., 2017; Nieto-Estévez et al., 2016), favoreciendo así un posible control de los trastornos psicosociales (Gorham et al., 2019). Sin embargo, recientemente Troyan & Levada (2020) mostraron que los pacientes diagnosticados con trastornos depresivos tenían niveles más altos de IGF-1, pero niveles más bajos de factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF). Del mismo modo, la investigación realizada en sujetos que habían muerto por suicidio mostró una disminución en la expresión de ARNm BDNF en comparación con los sujetos de control (Dwivedi et al., 2003). Al mismo tiempo, hay evidencia que sugiere que los medicamentos antidepresivos, el ejercicio y el entrenamiento de fuerza pueden aumentar el BDNF (Azevedo et al., 2020; Hung et al., 2018; Marinus et al., 2019; Polyakova et al., 2015) y, por lo tanto, incrementar el volumen del hipocampo (Erickson et al., 2012) asociado con una disminución de los trastornos psicosociales (McKinnon et al., 2009; Rao et al., 2010). Sin embargo, faltan investigaciones que aborden los efectos de BDNF y otros mediadores sobre la plasticidad cerebral (Müller et al., 2020), la protección del hipocampo y las adaptaciones neurobiológicas plausibles al entrenamiento de fuerza (Feter et al., 2018; Gordon et al., 2017), así como el papel que el IGF-1 tendría en los parámetros psicosociales (Levada et al., 2020; Morel et al., 2017; Nieto-Estévez et al., 2016; Sharma et al., 2016; Troyan & Levada, 2020) ya que el IGF-1 sigue siendo ambiguo para el tratamiento y el diagnóstico de la depresión (Carvalho et al., 2015; Sharma et al., 2016) en relación a otros marcadores existentes (Scarr et al., 2015).

Desafortunadamente, no ha sido posible que el meta-análisis demuestre estas asociaciones entre el cerebro y el entrenamiento de fuerza de manera confiable. A pesar de esto, creemos y apoyamos la reciente investigación de Gorham et al. (2019), quien explicó que una reducción de los trastornos psicosociales asociados con la participación deportiva puede estar relacionada con un mecanismo neuronal, porque el ejercicio físico causaría un aumento en el volumen del hipocampo. Sin embargo, al igual que estos autores (Gorham et al., 2019), creemos que se necesita más investigación para comprender las relaciones causales entre estas variables.

ESTUDIO 2

El objetivo principal del estudio era determinar la relación entre el MQI y las variables psicosociales de depresión, ansiedad y estrés en los adolescentes chilenos. Los principales hallazgos de este estudio fueron los siguientes: los adolescentes con niveles altos de MQI mostraron (i) una puntuación más baja de depresión, ansiedad y estrés, además de la obesidad abdominal más baja, en comparación con los adolescentes que presentaron niveles más bajos de MQI; (ii) el grupo con niveles altos de MQI reportó una mayor prevalencia de no ansiedad y una menor prevalencia de obesidad abdominal; y (iii) se evidenció una asociación inversa significativa entre el MQI con la depresión, la ansiedad y el estrés.

Variables psicosociales en adolescentes chilenos

En primer lugar, se encontró que los adolescentes presentaron alteraciones en las variables psicosociales de depresión (61,7% "de moderada a extrema"), ansiedad (68,3 % "de moderada a extrema") y estrés (33,3 % "de moderada a extrema"). En este sentido, una alteración en estas variables psicosociales se ha asociado con una disminución del rendimiento académico, un aumento del uso y consumo de drogas, una mayor prevalencia de

ideación suicida (Nguyen et al., 2013) y una disminución en la práctica deportiva (Delgado-Floody et al., 2021, 2022). En esta línea, los meta-análisis recientes han demostrado los beneficios del ejercicio físico en los niveles de ansiedad, estrés y depresión (Barahona-Fuentes et al., 2021; Stubbs et al., 2017; Wegner et al., 2020), así como la asociación inversa entre los altos niveles de aptitud física y los bajos niveles de trastornos psicosociales (Bang-Kittilsen et al., 2022; Philippot et al., 2019, 2022; Shigdel et al., 2019; Tonello et al., 2019). En este contexto, la evidencia científica se ha centrado principalmente en el entrenamiento aeróbico y la capacidad cardiorrespiratoria como modulador de variables psicosociales (Bang-Kittilsen et al., 2022; Philippot et al., 2022; Wegner et al., 2020). En paralelo, los efectos del entrenamiento de fuerza, su asociación con el MQI y su consiguiente impacto en las variables psicosociales son escasos (Barahona-Fuentes et al., 2021). Por lo tanto, los antecedentes presentados en esta investigación son pioneros en la asociación entre el MQI y los trastornos psicosociales en los adolescentes.

Desarrollo de la fuerza muscular y su relación con las variables psicosociales

Los resultados del presente estudio informaron de una relación inversa entre las puntuaciones altas de MQI y la depresión ($p = 0,003$), la ansiedad ($p < 0,001$) y el estrés ($p = 0,008$). Estos resultados coinciden con los meta-análisis recientes que han determinado las asociaciones entre el desarrollo de la fuerza muscular y las variables psicosociales (Barahona-Fuentes et al., 2021; Gordon et al., 2017; Marques et al., 2020). Por ejemplo, Marques et al. (2020) informaron que la fuerza muscular está inversa y significativamente relacionada con la depresión 0,85 en adultos (IC del 95 %: 0,80, 0,89). En paralelo, en un meta-análisis desarrollado por Barahona-Fuentes et al. (2021), se encontraron los efectos de los diferentes modos de intervención de la fuerza en la depresión, la ansiedad y el estrés en los adolescentes,

lo que evidencia un impacto grande y significativo en la depresión ($SMD = -1,61$; $IC = 95\%$: $-2,54, -0,67, p = 0,0007$) y la ansiedad ($SMD = -1,75$; $IC = 95\%$: $-0,03, -0,48; p = 0,007$) (Barahona-Fuentes et al., 2021). Del mismo modo, Whitworth et al. (2019) describieron los efectos beneficiosos del entrenamiento de fuerza en la reducción de los niveles de estrés postraumático en adultos jóvenes. Del mismo modo, se han realizado varios estudios en una población de personas mayores, que han revelado de manera concluyente que el nivel de fuerza prensil basal es un factor de protección contra el desarrollo de síntomas depresivos con el tiempo (Veronese et al., 2017; Zhao et al., 2020). Sin embargo, es relevante señalar que estos estudios se han centrado en una población mayor y han abordado exclusivamente el nivel basal de fuerza de agarre manual. A pesar de esta evidencia, hay una notable ausencia de exploración de MQI, un componente esencial de la calidad muscular, que nuestra investigación se propuso examinar en el contexto de los adolescentes chilenos. Sobre la base de los antecedentes descritos, se ha evidenciado que un aumento de la fuerza muscular disminuye las variables psicosociales (Barahona-Fuentes et al., 2021; Gordon et al., 2017; Marques et al., 2020). En este contexto, se entiende que un nivel de fuerza más alto generaría un MQI más alto (Barbat-Artigas et al., 2012; Jerez-Mayorga et al., 2019; Philippot et al., 2022; Reyes-Ferrada et al., 2022). Por lo tanto, debe haber una relación directa e inversa entre el MQI y las variables psicosociales.

MQI y su relación con las variables psicosociales

En la presente investigación, hubo una relación inversa entre el MQI y la obesidad abdominal en adolescentes ($p < 0,001$). Estos resultados están de acuerdo con un estudio reciente de Caamaño-Navarrete et al. (2023), mostró que los sujetos con un MQI bajo tenían una mayor obesidad abdominal ($p = 0,011$) que el grupo con un MQI alto. Del mismo modo,

estos autores confirmaron que el MQI es un mediador parcial de la asociación entre la obesidad abdominal y otras variables, como la presión arterial sistólica. En este contexto, se ha observado que el MQI desempeña un papel esencial en la prevención de enfermedades crónicas como la diabetes mellitus, el riesgo cardiovascular, el cáncer y la obesidad abdominal (Jochem et al., 2019; Loosen et al., 2020; Wolfe, 2006). También se ha demostrado que los hombres y mujeres adultos con alto contenido de tejido adiposo han disminuido la calidad muscular (Fabbri et al., 2017; Peterson et al., 2011). Recientemente, Ikeue et al. (2022) asociaron el MQI con la acumulación de factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares en pacientes obesos y evidenciaron una acumulación de factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares al combinar WC y MQI, independientemente del sexo y la edad (Ikeue et al., 2022). Aunque nuestro estudio no evaluó los factores de riesgo cardiovascular, ya que no era el propósito del estudio, sí evaluó la obesidad abdominal, que está directamente asociada con los marcadores de riesgo cardiovascular metabólico. Por otro lado, la evidencia científica también ha descrito que el comportamiento sedentario puede influir negativamente en las variables psicosociales de depresión, ansiedad y estrés (Norbury et al., 2014). Un aumento en la práctica deportiva a través del entrenamiento de fuerza, que aumentaría el MQI, podría estar relacionado con un mecanismo neuronal que afecta el desarrollo cerebral, específicamente a través de un aumento en el volumen del hipocampo (Feter et al., 2018; Gorham et al., 2019). Esta serie de eventos cerebrales asociados con la práctica deportiva y el aumento del MQI causaría una disminución de las variables psicosociales de depresión, ansiedad y estrés (Gorham et al., 2019). Sin embargo, se necesita más investigación para aclarar esta relación (Barahona-Fuentes et al., 2021).

ESTUDIO 3

En relación al objetivo de esta revisión que fue determinar cuáles son las pruebas más utilizadas hasta la fecha para determinar MQI en niños y adolescentes, se obtuvieron un total de 16 artículos que evaluaron MQI en niños y adolescentes (Akamatsu et al., 2022; Barahona-Fuentes et al., 2023; Delgado-Floody et al., 2023; Dubois et al., 2018; Fukunaga et al., 2014; Jain et al., 2023; Kang, Kim, et al., 2020; Kang, Park, et al., 2020; Kołodziej & Czajka, 2022; Lee et al., 2012; Melo et al., 2022; Mota et al., 2017; Naimo & Gu, 2022; Peeters et al., 2023; Willcocks et al., 2022; Wokke et al., 2014). Estos estudios utilizaron como método de evaluación, las siguientes pruebas; fuerza prensil dividido por masa muscular de extremidades superiores (Akamatsu et al., 2022; Kołodziej & Czajka, 2022; Melo et al., 2022; Naimo & Gu, 2022), fuerza prensil dividido por IMC (Barahona-Fuentes et al., 2023; Caamaño-Navarrete et al., 2023; Melo et al., 2022), fuerza prensil dividido por peso corporal (Kang, Kim, et al., 2020; Kang, Park, et al., 2020), fuerza isométrica máxima dividido por índice de volumen muscular (Fukunaga et al., 2014), ecogenicidad del músculo a través de resonancia magnética (Jain et al., 2023; Peeters et al., 2023; Willcocks et al., 2022), fuerza máxima dividido por cantidad de tejido muscular (Wokke et al., 2014), imagenología a través de ecógrafo (Dubois et al., 2018; Lee et al., 2012; Mota et al., 2017).

Una buena condición física, reflejada en una buena calidad muscular como resultado del desarrollo de la fuerza, la potencia y el tamaño muscular (Barbat-Artigas et al., 2012) se ha asociado con una mejor calidad de vida (Sabido et al., 2016). Al mismo tiempo, se ha observado que una alta calidad muscular juega un rol fundamental en la prevención de enfermedades crónicas (Wolfe, 2006). Por tanto, una evaluación de la calidad muscular puede ayudar a identificar a las personas que podrían beneficiarse de intervenciones que mejoren la calidad muscular y prevenir el deterioro en la calidad de vida (Lees et al., 2019). En específico

la evaluación de la calidad muscular en niños y adolescentes emerge como una pieza fundamental en el entendimiento de la salud y el bienestar (Barahona-Fuentes et al., 2023; Delgado-Floody et al., 2023). Durante la etapa de la adolescencia, se producen importantes cambios en el desarrollo y crecimiento físico, y la calidad muscular juega un papel esencial en la determinación de la salud general. En este contexto, una adecuada calidad muscular no solo implica la cantidad de masa muscular, sino también la composición y función de este tejido (Barbat-Artigas et al., 2012; da Cunha Nascimento et al., 2020; Fragala et al., 2015). En específico, la evaluación precisa de la MQ puede proporcionar información valiosa sobre la capacidad funcional, la fuerza, la resistencia y la prevención de posibles problemas de salud (Barbat-Artigas et al., 2012; Fragala et al., 2015; Wolfe, 2006). Además, una identificación temprana deficiente de MQ en esta etapa de la vida puede permitir la implementación de intervenciones preventivas que ayuden a los adolescentes a alcanzar su máximo potencial de salud y bienestar a medida que avanzan hacia la edad adulta (Barahona-Fuentes et al., 2023; Delgado-Floody et al., 2023). Desafortunadamente, y pese a que los estudios demuestran la importancia de la calidad muscular en la población (Barahona-Fuentes et al., 2023; Barbat-Artigas et al., 2012; Delgado-Floody et al., 2023; Jerez-Mayorga et al., 2019; Reyes-Ferrada et al., 2022), estas evaluaciones en su amplio espectro han utilizados valoraciones poco congruentes (Huerta Ojeda et al., 2021). En este sentido, los diferentes estudios que han determinado MQ independiente de la población, han evaluado por ejemplo los niveles de fuerza a través de la fuerza prensil que involucra musculatura flexora del antebrazo (Bohannon, 2015), mientras que para evaluar potencia lo han hecho con test de otros grupos musculares como puede ser un press banca (Clemons et al., 2010), mientras que para tamaño muscular lo han hecho con la composición de masa muscular global del sujeto (Reyes-Ferrada et al., 2022). Por lo que estas tres evaluaciones que entregan

resultantes de MQ, no han sido de manera específica en grupos musculares de un mismo segmento y articulación. Asimismo, esta revisión sistemática ha demostrado que existen diferentes pruebas de valoración de MQ en adolescentes, lo que ha conllevado a una falta de heterogeneidad y reproducibilidad de los resultados en los protocolos de evaluación.

En específico, la fuerza prensil dividido por masa muscular de extremidades superiores fue uno de los métodos más utilizado para determinar calidad muscular en niños y adolescentes con cuatro artículos (Akamatsu et al., 2022; Kołodziej & Czajka, 2022; Melo et al., 2022; Naimo & Gu, 2022). De estos cuatro estudios, dos determinaron el volumen de la masa muscular de extremidades superiores a través de impedancia bioeléctrica (Akamatsu et al., 2022; Kołodziej & Czajka, 2022), mientras que en los dos restantes, la masa muscular fue obtenida a través de absorciometría de rayos X de energía dual (DXA) (Melo et al., 2022; Naimo & Gu, 2022). Si bien el uso de impedancia bioeléctrica y DXA, parecen ser indicadores fiables para determinar MQI (da Cunha Nascimento et al., 2020), el uso de DXA carece de sensibilidad para distinguir la composición muscular (Messina et al., 2020). En este sentido, las evaluaciones de la masa muscular esquelética a través de DXA asumen que toda la masa libre de grasa y no ósea es masa muscular esquelética, por lo que no puede detectar la grasa que se infiltra en el músculo (Guglielmi et al., 2016). Por tanto, el DXA no permite identificar los depósitos de adipocitos intramusculares, como tampoco la grasa visible bajo la fascia muscular y entre los grupos musculares (Messina et al., 2020). Por otra parte, existen otros dispositivos que parecen ser algo más precisos que el DXA, como el uso de resonancia magnética, que pueden entregar una mejor información sobre la MQ (Barbat-Artigas et al., 2012; da Cunha Nascimento et al., 2020). Desafortunadamente, el alto costo económico de estas evaluaciones limita su accesibilidad a poblaciones específicas y restringe su aplicación a estudios más focalizados para obtener MQI (Codari et al., 2020). De manera alternativa,

otros estudios, han determinado MQI a través de la valoración de fuerza dividido por IMC (Barahona-Fuentes et al., 2023; Delgado-Floody et al., 2023; Melo et al., 2022) o por peso corporal (Kang, Kim, et al., 2020; Kang, Park, et al., 2020). Si bien la evidencia científica da cuenta de que estas pruebas presentan una alta correlación con aquellas evaluaciones que se desarrollan en laboratorio y además presentan una mayor accesibilidad (Melo et al., 2022), continúan siendo test que no representan una relación específica de grupos musculares de un mismo segmento y articulación. Desafortunadamente, esta situación condiciona a que estas resultantes de MQI sean un tanto globales y poco específicas.

Otro modo de determinar MQI en niños y adolescentes es mediante la implementación de técnicas de imagenología, como resonancias magnéticas, tomografías (Codari et al., 2020) o ecografías (Mota et al., 2017), las cuales pueden brindar mediciones detalladas de la composición y calidad de la masa muscular, aportando una perspectiva única sobre su estado (da Cunha Nascimento et al., 2020). Sin embargo, a pesar de la precisión potencial que pueden llegar a tener estos métodos, se han planteado preocupaciones en relación con su aplicabilidad generalizada debido a limitaciones logísticas y económicas (Codari et al., 2020; Messina et al., 2020). Asimismo, la reproducibilidad de los resultados obtenidos mediante técnicas de imagenología ha sido objeto de inquietud adicional, producto de las diferencias que pueden existir en las técnicas de medición entre cada examinador, existiendo diferencias en los datos recolectados (Messina et al., 2020). Asimismo, se ha detectado que el uso de ecógrafo puede limitar la obtención de MQI, puesto a que depende en gran medida del dispositivo de ultrasonido que se utilice, como también del modo de configuración empleado (Pillen & Van Alfen, 2015). Para subsanar estos aspectos, Dubois et al. (2018) han intentado utilizar el índice de anisotropía de textura local como un enfoque novedoso para estimar la MQ en las ecografías en modo B. Si bien el índice de anisotropía de textura local puede ser

una técnica prometedora, requiere de más estudios que permitan determinar su validez y confiabilidad. De esta manera, las diferencias en la interpretación de imágenes y la aplicación de protocolos específicos pueden afectar la coherencia de los resultados (Pillen & Van Alfen, 2015). Lo anterior subraya la importancia de estandarizar los procedimientos y garantizar la formación adecuada del personal involucrado en la toma de imágenes y análisis (Goryachev et al., 2022; Pillen & Van Alfen, 2015). A pesar de los desafíos inherentes al uso de técnicas de imagenología para evaluar la MQI, es crucial reconocer su potencial para ofrecer una visión detallada y específica de la MQ en niños y adolescentes (Dubois et al., 2018). La continua investigación y desarrollo en este campo pueden ayudar a superar las limitaciones actuales y mejorar la viabilidad y aplicabilidad de estas técnicas en futuros estudios y evaluaciones clínicas (Goryachev et al., 2022).

CONCLUSIONES

En función de los estudios realizados en esta tesis doctoral, se han podido generar conclusiones sumamente importantes y relevantes que resaltan la importancia de MQI y trastornos psicosociales de depresión, ansiedad y estrés en adolescentes. En primer lugar, la revisión sistemática y meta-análisis publicado evidenció que los entrenamientos de fuerza son una estrategia adecuada para controlar los niveles de depresión, ansiedad y estrés en adolescentes. Asimismo, permitió establecer que no existían estudios que hayan analizado la relación entre MQI y trastornos psicosociales.

Lo anterior permitió, establecer que el MQI presenta una relación inversa con las variables psicosociales de depresión, ansiedad y estrés. Pero estos resultados deben continuar investigándose con tamaños de muestra más grande.

Además, la calidad muscular en la adolescencia es vital para la valoración de la salud física y mental. Si bien existen numerosos test para valorar MQI en adolescentes, esta diversidad puede provocar una falta de heterogeneidad y reproductibilidad de los resultados. Por lo que se necesitan de test más específicos por grupo muscular para determinar MQI.

En conjunto, estos resultados ofrecen valiosas perspectivas a futuro que pueden contribuir al desarrollo de la salud pública mundial.

Las conclusiones específicas para cada uno de los estudios que fueron presentados en esta tesis doctoral se presentan a continuación:

ESTUDIO 1

Hay indicios de que los diferentes modos de intervención de fuerza son una metodología adecuada para controlar los niveles de ansiedad y depresión en los adolescentes. Específicamente, nuestro metanálisis indica que el entrenamiento de fuerza convencional tiene mejores beneficios que otros modos de intervención de fuerza. Sin embargo, este campo no se ha investigado en profundidad, por lo que se necesitan más estudios experimentales centrados en el entrenamiento de fuerza para controlar o mitigar los niveles de ansiedad, estrés y depresión en la población adolescente. Esto permitirá que las nuevas políticas y programas públicos evalúen, controlen y mitiguen los trastornos psicosociales a través de una capacitación que incluya diferentes modos de intervención de fuerza.

ESTUDIO 2

El MQI presenta una relación inversa con las variables psicosociales de depresión, ansiedad y estrés, así como con los marcadores de riesgo cardio metabólico como la obesidad abdominal. A nuestro leal saber y entender, este fue el primer estudio en establecer la relación entre el MQI y las variables psicosociales de depresión, ansiedad y estrés en la población adolescente. Los estudios futuros deben verificar estos resultados a través de un tamaño de muestra más grande y probar otros componentes importantes a través de una intervención de ejercicio de entrenamiento de fuerza.

ESTUDIO 3

La calidad muscular en la adolescencia es vital para la valoración de la salud física y mental actual y a futuro. Desafortunadamente existe una amplia variedad de pruebas para

determinar MQI en población de niños y adolescentes, lo que en ocasiones condiciona a una falta de heterogeneidad y reproductibilidad de los resultados en los protocolos de evaluación. Pese a esto, se sugiere la incorporación de nuevos test que incorporen variables de fuerza muscular, potencia muscular y volumen muscular, pero de la misma zona corporal y no a nivel global. Para esto, la investigación continua es fundamental para la mejora y estandarización de las evaluaciones.

LIMITACIONES GENERALES

Los estudios de la presente tesis doctoral presentan limitaciones y fortalezas las cuales deben ser conocidas por los lectores.

Si bien, el segundo estudio cumplió el tamaño de la muestra previamente establecido, creemos que un tamaño de muestra más grande habría permitido extrapolar los datos al resto de la población adolescente. En este contexto, la pandemia de COVID-19 restringió el acceso a las escuelas para personas externas. Además, el progreso curricular en el proceso de enseñanza-aprendizaje se ralentizó, causando un menor interés en la investigación científica durante las horas de clase por parte de los directores y apoderados. A pesar de esto, el tamaño de la muestra estudiada nos permitió establecer la relación entre el MQI y las variables psicosociales en los adolescentes. Por tanto, una línea emergente de investigación ha surgido en una población que había sido descuidada, pero que se está convirtiendo gradualmente en una prioridad en las políticas públicas en Chile y en todo el mundo.

PROYECCIONES GENERALES

A partir de las investigaciones desarrolladas en esta tesis doctoral, se visualizan diferentes proyecciones para investigaciones futuras. En primera instancia, se deben desarrollar estudios con un tamaño muestral mas grande en diferentes países que permitan confirmar esta primera asociación histórica que se ha realizado a través de esta tesis doctoral. Asimismo, se invita a que se hagan indagaciones en otros grupos etarios con las mismas variables de MQI y trastornos psicosociales.

Otras investigaciones futuras pueden realizar la validación de nuevos test de MQI que incorporen variables de fuerza muscular, potencia muscular y volumen muscular, pero de la misma zona corporal y no a nivel global.

Es necesario que se comiencen a incluir valores normativos de MQI para diferentes grupos etarios. Lo anterior se debe a que MQI sería indicador de estado de salud física y mental

Finalmente, investigaciones futuras deberán llevar a cabo estudios experimentales que permitan desarrollar e implementar programas de actividad física y ejercicio físico a través del entrenamiento de fuerza, para mejorar los niveles de MQI y por consiguiente la salud mental de la población.

REFERENCIAS

- Akamatsu, Y., Kusakabe, T., Arai, H., Yamamoto, Y., Nakao, K., Ikeue, K., Ishihara, Y., Tagami, T., Yasoda, A., & Ishii, K. (2022). Phase angle from bioelectrical impedance analysis is a useful indicator of muscle quality. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 13(1), 180–189.
- Alizadeh, A., Dyck, S. M., & Karimi-Abdolrezaee, S. (2019). Traumatic spinal cord injury: an overview of pathophysiology, models and acute injury mechanisms. *Frontiers in Neurology*, 10, 282.
- Andrews, G., & Slade, T. (2001). Interpreting scores on the Kessler psychological distress scale (K10). *Australian and New Zealand Journal of Public Health*, 25(6), 494–497.
- Assoc, A. P. (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders. In Am. Psychiatr. Publ (Ed.), *Am Psychiatric Assoc* (5th ed., Vol. 21).
- Association, W. M. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *Jama*, 310(20), 2191–2194.
- Azevedo, K. P. M., de Oliveira, V. H., Medeiros, G. C. B. S., Mata, Á. N. de S., García, D. Á., Martínez, D. G., Leitão, J. C., Knackfuss, M. I., & Piuvezam, G. (2020). The Effects of Exercise on BDNF Levels in Adolescents: A Systematic Review with Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 6056.
- Balshaw, T. G., Maden-Wilkinson, T., Massey, G. J., & Folland, J. P. (2021). The Human Muscle Size and Strength Relationship. Effects of Architecture, Muscle Force and Measurement Location. *Medicine & Science in Sports & Exercise*.
- Bang-Kittilsen, G., Engh, J. A., Holst, R., Holmen, T. L., Bigseth, T. T., Andersen, E., Mordal, J., & Egeland, J. (2022). High-intensity interval training may reduce depressive symptoms in individuals with schizophrenia, putatively through improved VO2max: A randomized controlled trial. *Frontiers in Psychiatry*, 13.
- Barahona-Fuentes, G. D. F., Huerta Ojeda, Á., & Galdames Maliqueo, S. A. (2019). Influencia de la pliometría basada en un Entrenamiento Intervalado de Alta Intensidad sobre la altura de salto y pico de potencia en futbolistas Sub - 17. *Educación Física y Ciencia*, 21(2), e080. <https://doi.org/10.24215/https://doi.org/10.24215/23142561e080>
- Barahona-Fuentes, G. D., Ojeda, Á. H., & Jerez-Mayorga, D. (2020). Effects of different methods of strength training on indicators of muscle fatigue during and after strength training: A systematic review. *Motriz: Revista de Educação Física*, 26.
- Barahona-Fuentes, G., Huerta Ojeda, Á., & Chiroso-Ríos, L. (2021). Effects of Training with Different Modes of Strength Intervention on Psychosocial Disorders in Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(18), 9477. <https://doi.org/10.3390/ijerph18189477>
- Barahona-Fuentes, G., Huerta Ojeda, Á., Romero, G. L., Delgado-Floody, P., Jerez-Mayorga, D., Yeomans-Cabrera, M.-M., & Chiroso-Ríos, L. J. (2023). Muscle Quality Index is inversely associated with psychosocial variables among Chilean adolescents. *BMC Public Health*, 23(1), 2104.
- Barahona-Fuentes, G., Lagos, R. S., & Ojeda, Á. H. (2019). Influencia del autodiálogo sobre los niveles de ansiedad y estrés en jugadores de tenis: una revisión sistemática. *Revista Brasileira de Ciências Do Esporte*, 4, 123–130. <https://doi.org/10.1016/j.rbce.2018.04.014>

- Barbat-Artigas, S., Rolland, Y., Zamboni, M., & Aubertin-Leheudre, M. (2012). How to assess functional status: A new muscle quality index. *Journal of Nutrition, Health and Aging*, 16(1), 67–77. <https://doi.org/10.1007/s12603-012-0004-5>
- Beck, A. T., Ward, C. H., Mendelson, M., Mock, J., & Erbaugh, J. (1961). An inventory for measuring depression. *Archives of General Psychiatry*, 4(6), 561–571.
- Bianchi, V. E., Locatelli, V., & Rizzi, L. (2017). Neurotrophic and neuroregenerative effects of GH/IGF1. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(11), 2441.
- Bohannon, R. W. (2015). Muscle strength: clinical and prognostic value of hand-grip dynamometry. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 18(5), 465–470.
- Brown, J. C., Harhay, M. O., & Harhay, M. N. (2016). The muscle quality index and mortality among males and females. *Annals of Epidemiology*, 26(9), 648–653.
- Burke, H. M., Davis, M. C., Otte, C., & Mohr, D. C. (2005). Depression and cortisol responses to psychological stress: a meta-analysis. *Psychoneuroendocrinology*, 30(9), 846–856.
- Butcher, S. J., Neyedly, T. J., Horvey, K. J., & Benko, C. R. (2015). Do physiological measures predict selected CrossFit® benchmark performance? *Open Access Journal of Sports Medicine*, 6, 241.
- Caamaño-Navarrete, F., Jerez-Mayorga, D., Alvarez, C., Del-Cuerpo, I., Cresp-Barría, M., & Delgado-Floody, P. (2023). Muscle Quality Index in Morbidly Obesity Patients Related to Metabolic Syndrome Markers and Cardiorespiratory Fitness. *Nutrients*, 15(11), 2458.
- Carneiro, L., Afonso, J., Ramirez-Campillo, R., Murawska-Ciałowicz, E., Marques, A., & Clemente, F. M. (2020). The effects of exclusively resistance training-based supervised programs in people with depression: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(18), 1–22. <https://doi.org/10.3390/ijerph17186715>
- Carroll, D. D., Courtney-Long, E. A., Stevens, A. C., Sloan, M. L., Lullo, C., Visser, S. N., Fox, M. H., Armour, B. S., Campbell, V. A., & Brown, D. R. (2014). Vital signs: disability and physical activity—United States, 2009–2012. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 63(18), 407.
- Carter, T., Guo, B., Turner, D., Morres, I., Khalil, E., Brighton, E., Armstrong, M., & Callaghan, P. (2015). Preferred intensity exercise for adolescents receiving treatment for depression: A pragmatic randomised controlled trial. *BMC Psychiatry*, 15(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s12888-015-0638-z>
- Carvalho, A. F., Köhler, C. A., McIntyre, R. S., Knöchel, C., Brunoni, A. R., Thase, M. E., Quevedo, J., Fernandes, B. S., & Berk, M. (2015). Peripheral vascular endothelial growth factor as a novel depression biomarker: a meta-analysis. *Psychoneuroendocrinology*, 62, 18–26.
- Chaddock, L., Erickson, K. I., Prakash, R. S., Kim, J. S., Voss, M. W., VanPatter, M., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Konkel, A., Hillman, C. H., & others. (2010). A neuroimaging investigation of the association between aerobic fitness, hippocampal volume, and memory performance in preadolescent children. *Brain Research*, 1358, 172–183.
- Chen, L., Liu, Q., Xu, F., Wang, F., Luo, S., An, X., Chen, J., Tang, N., Jiang, X., & Liang, X. (2024). Effect of physical activity on anxiety, depression and obesity index in children and adolescents with obesity: A meta-analysis. *Journal of Affective Disorders*.
- Chen, Y., Lin, W., Fu, L., Liu, H., Jin, S., Ye, X., Pu, S., & Xue, Y. (2023). Muscle quality index and cardiovascular disease among US population-findings from NHANES 2011–2014. *BMC Public Health*, 23(1), 2388.
- Cheng, Y., Xu, J., Chai, P., Li, H., Luo, C., Yang, T., Li, L., Shan, B., Xu, X., & Xu, L. (2010). Brain volume alteration and the correlations with the clinical characteristics in drug-naïve first-episode MDD patients: a voxel-based morphometry study. *Neuroscience Letters*, 480(1), 30–34.

- Chung, I. H., Park, S., Park, M. J., & Yoo, E.-G. (2016). Waist-to-height ratio as an index for cardiometabolic risk in adolescents: results from the 1998-2008 KNHANES. *Yonsei Medical Journal*, 57(3), 658–663.
- Cianconi, P., Hanife, B., Hirsch, D., & Janiri, L. (2023). Is climate change affecting mental health of urban populations? *Current Opinion in Psychiatry*, 36(3), 213–218.
- Clemons, J. M., Campbell, B., & Jeansonne, C. (2010). Validity and reliability of a new test of upper body power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(6), 1559–1565.
- Codari, M., Zanardo, M., di Sabato, M. E., Nocerino, E., Messina, C., Sconfienza, L. M., & Sardanelli, F. (2020). MRI-Derived Biomarkers Related to Sarcopenia: A Systematic Review. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 51(4), 1117–1127.
- Coffey, V. G., & Hawley, J. A. (2017). Concurrent exercise training: do opposites distract? *The Journal of Physiology*, 595(9), 2883–2896.
- Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (A. P. Cambridge, Ed.).
- Cortez, A. C. L., Vale, R. G. de S., di Masi, F. di M., Reis, N. C. V., Lucena, B. M., & Dantas, E. H. M. (2023). *Scientific evidence about the effects of resisted, aerobic and flexibility training and their chronic adaptations in the health of the elderly*.
- Costigan, S. A., Eather, N., Plotnikoff, R. C., Hillman, C. H., & Lubans, D. R. (2016). High-Intensity Interval Training for Cognitive and Mental Health in Adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(10), 1985–1993. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000993>
- Crempien, C., De La Parra, G., Grez, M., Valdés, C., López, M. J., & Krause, M. (2017). Características sociodemográficas y clínicas de pacientes diagnosticados con depresión en Centros Comunitarios de Salud Mental (COSAM) de Santiago, Chile. *Revista Chilena de Neuro-Psiquiatria*, 55(1), 26–35. <https://doi.org/10.4067/s0717-92272017000100004>
- Cuschieri, S. (2019). The STROBE guidelines. *Saudi Journal of Anaesthesia*, 13(Suppl 1), S31.
- Da Costa, L. O. F., Soto, D. S., Brito, C. J., Muñoz, E. A., & Miarka, B. (2024). Dynamic strength and muscle power in elite and non-elite Brazilian jiu-jitsu (BJJ) athletes: a systematic review with meta-analysis. *Retos: Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte y Recreación*, 52, 291–303.
- da Cunha Nascimento, D., Prestes, J., de Sousa Diniz, J., Beal, P. R., Alves, V. P., Stone, W., & Beal, F. L. R. (2020). Comparison of field-and laboratory-based estimates of muscle quality index between octogenarians and young older adults: an observational study. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 16(5), 458.
- da Silva, F. C., Iop, R. da R., de Oliveira, L. C., Boll, A. M., de Alvarenga, J. G. S., Gutierrez Filho, P. J. B., de Melo, L. M. A. B., Xavier, A. J., & da Silva, R. (2018). Effects of physical exercise programs on cognitive function in Parkinson's disease patients: a systematic review of randomized controlled trials of the last 10 years. *PloS One*, 13(2), e0193113.
- de Alcantara Borba, D., da Silva Alves, E., Rosa, J. P. P., Facundo, L. A., Costa, C. M. A., Silva, A. C., Narciso, F. V., Silva, A., & de Mello, M. T. (2020). Can IGF-1 Serum Levels Really be Changed by Acute Physical Exercise? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Physical Activity and Health*, 17(5), 575–584.
- de Hoyo, M., Gonzalo-Skok, O., Sañudo, B., Carrascal, C., Plaza-Armas, J. R., Camacho-Candil, F., & Otero-Esquina, C. (2016). Comparative effects of in-season full-back squat, resisted sprint training, and plyometric training on explosive performance in U-19 elite soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(2), 368–377.
- Delgado-Floody, P., Gómez-López, M., Caamaño-Navarrete, F., Valdés-Badilla, P., & Jerez-Mayorga, D. (2023). The Mediating Role of the Muscle Quality Index in the Relation of Screen Time and

- Abdominal Obesity with Health-Related Quality of Life in Chilean Schoolchildren. *Nutrients*, 15(3), 714.
- Delgado-Floody, P., Guzmán-Guzmán, I. P., Caamaño-Navarrete, F., Jerez-Mayorga, D., Zulic-Agramunt, C., & Cofré-Lizama, A. (2021). Depression is associated with lower levels of physical activity, body image dissatisfaction, and obesity in Chilean preadolescents. *Psychology, Health & Medicine*, 26(4), 518–531. <https://doi.org/10.1080/13548506.2020.1817958>
- Delgado-Floody, P., Soto-García, D., Caamaño-Navarrete, F., Carter-Thuillier, B., & Guzmán-Guzmán, I. P. (2022). Negative Physical Self-Concept Is Associated to Low Cardiorespiratory Fitness, Negative Lifestyle and Poor Mental Health in Chilean Schoolchildren. *Nutrients*, 14(13), 2771.
- Dias, C. P., Toscan, R., de Camargo, M., Pereira, E. P., Griebler, N., Baroni, B. M., & Tiggemann, C. L. (2015). Effects of eccentric-focused and conventional resistance training on strength and functional capacity of older adults. *Age*, 37(5), 1–8.
- Dubois, G. J. R., Bachasson, D., Lacourpaille, L., Benveniste, O., & Hogrel, J.-Y. (2018). Local texture anisotropy as an estimate of muscle quality in ultrasound imaging. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 44(5), 1133–1140.
- Duran, I., Martakis, K., Hamacher, S., Stark, C., Semler, O., & Schoenau, E. (2018). Are there effects of age, gender, height, and body fat on the functional muscle-bone unit in children and adults? *Osteoporosis International*, 29, 1069–1079.
- Dwivedi, Y., Rizavi, H. S., Conley, R. R., Roberts, R. C., Tamminga, C. A., & Pandey, G. N. (2003). Altered gene expression of brain-derived neurotrophic factor and receptor tyrosine kinase B in postmortem brain of suicide subjects. *Archives of General Psychiatry*, 60(8), 804–815.
- Eather, N., Morgan, P. J., & Lubans, D. R. (2016). Effects of exercise on mental health outcomes in adolescents: Findings from the CrossFit™ teens randomized controlled trial. *Psychology of Sport and Exercise*, 26, 14–23. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2016.05.008>
- Egger, M., Smith, G. D., Schneider, M., & Minder, C. (1997). Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *British Medical Journal*, 315(7109), 629–634. <https://doi.org/10.1136/bmj.316.7129.469>
- ElDeeb, A., Atta, H., & Osman, D. (2020). Effect of whole body vibration versus resistive exercise on premenstrual symptoms in adolescents with premenstrual syndrome. *Bulletin of Faculty of Physical Therapy*, 25(1), 1–6. <https://doi.org/10.1186/s43161-020-00002-y>
- Ensari, I., Greenlee, T. A., Motl, R. W., & Petruzzello, S. J. (2015). Meta-analysis of acute exercise effects on state anxiety: An update of randomized controlled trials over the past 25 years. *Depression and Anxiety*, 32(8), 624–634. <https://doi.org/10.1002/da.22370>
- Erickson, K. I., Miller, D. L., & Roecklein, K. A. (2012). The aging hippocampus: interactions between exercise, depression, and BDNF. *The Neuroscientist*, 18(1), 82–97.
- Ernst, M., Lago, T., Davis, A., & Grillon, C. (2016). The effects of methylphenidate and propranolol on the interplay between induced-anxiety and working memory. *Psychopharmacology*, 233, 3565–3574. <https://doi.org/10.1007/s00213-016-4390-y>
- Essau, C. A., Lewinsohn, P. M., Olaya, B., & Seeley, J. R. (2014). Anxiety disorders in adolescents and psychosocial outcomes at age 30. *Journal of Affective Disorders*, 163, 125–132. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2013.12.033>
- Ezzatvar, Y., Izquierdo, M., Ramírez-Vélez, R., del Pozo Cruz, B., & García-Hermoso, A. (2022). Accuracy of different cutoffs of the waist-to-height ratio as a screening tool for cardiometabolic risk in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis of diagnostic test accuracy studies. *Obesity Reviews*, 23(2), e13375.

- Fabbri, E., Chiles Shaffer, N., Gonzalez-Freire, M., Shardell, M. D., Zoli, M., Studenski, S. A., & Ferrucci, L. (2017). Early body composition, but not body mass, is associated with future accelerated decline in muscle quality. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 8(3), 490–499.
- Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A.-G. (2009). Statistical power analyses using G* Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, 41(4), 1149–1160.
- Feter, N., Penny, J. C., Freitas, M. P., & Rombaldi, A. J. (2018). Effect of physical exercise on hippocampal volume in adults: systematic review and meta-analysis. *Science & Sports*, 33(6), 327–338.
- Fiksdal, A., Hanlin, L., Kuras, Y., Gianferante, D., Chen, X., Thoma, M. V., & Rohleder, N. (2019). Associations between symptoms of depression and anxiety and cortisol responses to and recovery from acute stress. *Psychoneuroendocrinology*, 102, 44–52.
- Fragala, M. S., Kenny, A. M., & Kuchel, G. A. (2015). Muscle Quality in Aging: a Multi-Dimensional Approach to Muscle Functioning with Applications for Treatment. *Sports Medicine*, 45(5), 641–658. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0305-z>
- Fukunaga, Y., Takai, Y., Yoshimoto, T., Fujita, E., Yamamoto, M., & Kanehisa, H. (2014). Effect of maturation on muscle quality of the lower limb muscles in adolescent boys. *Journal of Physiological Anthropology*, 33(1), 1–6.
- Gallego, J., Aguilar-Parra, J. M., Cangas, A. J., Langer, Á. I., & Mañas, I. (2014). Effect of a mindfulness program on stress, anxiety and depression in university students. *Spanish Journal of Psychology*, 17, 1–6. <https://doi.org/10.1017/sjp.2014.102>
- Gater, D. R., & Farkas, G. J. (2016). Alterations in body composition after SCI and the mitigating role of exercise. *The Physiology of Exercise in Spinal Cord Injury*, 175–198.
- Gerber, M., Brand, S., Elliot, C., Holsboer-Trachsler, E., & Pühse, U. (2014). Aerobic exercise, ball sports, dancing, and weight lifting as moderators of the relationship between stress and depressive symptoms: An exploratory cross-sectional study with Swiss university students. *Perceptual and Motor Skills*, 119(3), 679–697. <https://doi.org/10.2466/06.PMS.119c26z4>
- Goldfield, G. S., Alberga, A. S., Hadjiyannakis, S., Phillips, P., Malcolm, J., Wells, G. A., Kenny, G. P., Prud'homme, D., Gougeon, R., Tulloch, H., Doucette, S., & Ma, J. (2015). Effects of Aerobic Training, Resistance Training, or Both on Psychological Health in Adolescents with Obesity: The HEARTY Randomized Controlled Trial. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 83(6), 1123–1135. <https://doi.org/10.2471/BLT>.
- Goodman, R., Meltzer, H., & Bailey, V. (1998). The Strengths and Difficulties Questionnaire: A pilot study on the validity of the self-report version. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 7(3), 125–130.
- Gordon, B. A., Knapman, L. M., & Lubitz, L. (2010). Graduated exercise training and progressive resistance training in adolescents with chronic fatigue syndrome: A randomized controlled pilot study. *Clinical Rehabilitation*, 24(12), 1072–1079. <https://doi.org/10.1177/0269215510371429>
- Gordon, Brett., McDowell, Cillian., Lyons, M., & Herring, Matthew. (2017). The Effects of Resistance Exercise Training on Anxiety: A Meta-Analysis and Meta-Regression Analysis of Randomized Controlled Trials. *Sports Medicine*, 47(12), 2521–2532. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0769-0>
- Gorgey, A. S., & Shepherd, C. (2010). Skeletal muscle hypertrophy and decreased intramuscular fat after unilateral resistance training in spinal cord injury: case report. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 33(1), 90–95.

- Gorham, L. S., Jernigan, T., Hudziak, J., & Barch, D. M. (2019). Involvement in Sports, Hippocampal Volume, and Depressive Symptoms in Children. *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, 4(5), 484–492. <https://doi.org/10.1016/j.bpsc.2019.01.011>
- Goryachev, I., Tresansky, A. P., Ely, G. T., Chrzanowski, S. M., Nagy, J. A., Rutkove, S. B., & Anthony, B. W. (2022). Comparison of Quantitative Ultrasound Methods to Classify Dystrophic and Obese Models of Skeletal Muscle. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 48(9), 1918–1932.
- Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Orazem, J., & Sabol, F. (2022). Effects of resistance training performed to repetition failure or non-failure on muscular strength and hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Sport and Health Science*, 11(2), 202–211.
- Guglielmi, G., Ponti, F., Agostini, M., Amadori, M., Battista, G., & Bazzocchi, A. (2016). The role of DXA in sarcopenia. *Aging Clinical and Experimental Research*, 28, 1047–1060.
- Hanna, L., Nguo, K., Furness, K., Porter, J., & Huggins, C. E. (2022). Association between skeletal muscle mass and quality of life in adults with cancer: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 13(2), 839–857.
- Hedges, L. V. (1981). Distribution theory for Glass's estimator of effect size and related estimators. *Journal of Educational Statistics*, 6(2), 107–128.
- Henriksson, H., Henriksson, P., Tynelius, P., & Ortega, F. B. (2019). Muscular weakness in adolescence is associated with disability 30 years later: a population-based cohort study of 1.2 million men. *British Journal of Sports Medicine*, 53(19), 1221–1230.
- Herrera-Gutiérrez, E., Olmos-Soria, M., & Brocal-Pérez, D. (2015). Efectos psicológicos de la práctica del Método Pilates en una muestra universitaria. *Anales de Psicología*, 31(3), 916–920.
- Herting, M. M., & Keenan, M. F. (2017). Exercise and the developing brain in children and adolescents. In *Physical activity and the aging brain* (pp. 13–19). Elsevier.
- Higgins, J. P. T., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M. J., & Welch, V. A. (2019). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. John Wiley & Sons.
- Higgins, J., Thompson, S., Deeks, J., & Altman, D. (2003). Measuring inconsistency in meta-analyses. *Bmj*, 327(7414), 557–560. <https://doi.org/10.1136/bmj.327.7414.557>
- Huerta, Á., Barahona-Fuentes, G., Galdames, S., Cáceres, P., & Ortiz, P. (2020). Efectos de un programa de Zumba® sobre niveles de ansiedad-rasgo, ansiedad-estado y condición física en estudiantes universitarias chilenas. *Cuadernos de Psicología Del Deporte*, 20(3), 1–14.
- Huerta Ojeda, Á., Cifuentes Zapata, C., Barahona-Fuentes, G., Yeomans-Cabrera, M.-M., & Chiroso-Ríos, L. J. (2023). Variable Resistance—An Efficient Method to Generate Muscle Potentiation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(5), 4316.
- Huerta Ojeda, A., Fontecilla Díaz, B., Yeomans Cabrera, M. M., & Jerez-Mayorga, D. (2021). Grip power test: A new valid and reliable method for assessing muscle power in healthy adolescents. *Plos One*, 16(10), e0258720.
- Hung, C.-L., Tseng, J.-W., Chao, H.-H., Hung, T.-M., & Wang, H.-S. (2018). Effect of acute exercise mode on serum brain-derived neurotrophic factor (BDNF) and task switching performance. *Journal of Clinical Medicine*, 7(10), 301.
- Ikeue, K., Kusakabe, T., Muranaka, K., Yamakage, H., Inoue, T., Ishii, K., & Satoh-Asahara, N. (2022). A combined index of waist circumference and muscle quality is associated with cardiovascular disease risk factor accumulation in Japanese obese patients: a cross-sectional study. *Endocrine*, 1–11.
- Jain, A., Sankar, J., Kabra, S. K., Jat, K. R., Jana, M., & Lodha, R. (2023). Evaluation of Changes in Quadriceps Femoris Muscle in Critically III Children Using Ultrasonography. *Indian Journal of Pediatrics*, 90(6), 541–547.

- Jerez, D. A., Machado, R., & Cerda, E. (2018). *ABI400-HPR Muscle quality index in obese subjects with hip osteoarthritis*. BMJ Publishing Group Ltd.
- Jerez-Mayorga, D., Chiroso, L., Reyes, A., Delgado-Floody, P., Machado, R., & Guisado, I. M. (2019). Muscle quality index and isometric strength in older adults with hip osteoarthritis. *PeerJ*, 7, e7471. <https://doi.org/10.7717/peerj.7471>
- Jochem, C., Leitzmann, M., Volaklis, K., Aune, D., & Strasser, B. (2019). Association between muscular strength and mortality in clinical populations: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Medical Directors Association*, 20(10), 1213–1223.
- Judd, D. L., Thomas, A. C., Dayton, M. R., & Stevens-Lapsley, J. E. (2014). Strength and functional deficits in individuals with hip osteoarthritis compared to healthy, older adults. *Disability and Rehabilitation*, 36(4), 307–312.
- Kang, Y., Kim, J., Kim, D.-Y., Kim, S., Park, S., Lim, H., & Koh, H. (2020). Association between dietary patterns and handgrip strength: Analysis of the Korean national health and nutrition examination survey data between 2014 and 2017. *Nutrients*, 12(10), 3048.
- Kang, Y., Park, S., Kim, S., & Koh, H. (2020). Handgrip strength among Korean adolescents with metabolic syndrome in 2014–2015. *Journal of Clinical Densitometry*, 23(2), 271–277.
- Kent, M. (2003). Diccionario Oxford de medicina y ciencias del deporte. In *Paidotribo* (2nd ed.).
- Kołodziej, M., & Czajka, K. (2022). Skeletal muscle quality in 6-and 7-y-old children assessed using bioelectrical impedance analysis. *Nutrition*, 96, 111568.
- Kopiczko, A., & Cieplińska, J. (2022). Forearm bone mineral density in adult men after spinal cord injuries: impact of physical activity level, smoking status, body composition, and muscle strength. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 23(1), 81.
- Kovacs, M. (1992). *Children's depression inventory: Manual*. Multi-Health Systems North Tonawanda, NY.
- Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., & Nindl, B. C. (2017). Recovery responses of testosterone, growth hormone, and IGF-1 after resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*.
- Lacomba-Trejo, L., Valero-Moreno, S., Montoya-Castilla, I., & Pérez-Marín, M. (2020). Psychosocial Factors and Chronic Illness as Predictors for Anxiety and Depression in Adolescence. *Frontiers in Psychology*, 11, 2529.
- Lee, S., Kim, Y., White, D. A., Kuk, J. L., & Arslanian, S. (2012). Relationships between insulin sensitivity, skeletal muscle mass and muscle quality in obese adolescent boys. *European Journal of Clinical Nutrition*, 66(12), 1366–1368.
- Lees, M. J., Wilson, O. J., Hind, K., & Ispoglou, T. (2019). Muscle quality as a complementary prognostic tool in conjunction with sarcopenia assessment in younger and older individuals. *European Journal of Applied Physiology*, 119(5), 1171–1181.
- Levada, O. A., Troyan, A. S., & Pinchuk, I. Y. (2020). Serum insulin-like growth factor-1 as a potential marker for MDD diagnosis, its clinical characteristics, and treatment efficacy validation: data from an open-label vortioxetine study. *BMC Psychiatry*, 20, 1–10.
- Løkkeberg, S. T., & Thoresen, G. (2022). Experiences of quality of life in people with Multiple Sclerosis who are in a wheelchair. *Nursing Open*, 9(4), 2217–2226.
- Loosen, S. H., Schulze-Hagen, M., Püngel, T., Bündgens, L., Wirtz, T., Kather, J. N., Vucur, M., Paffenholz, P., Demir, M., & Bruners, P. (2020). Skeletal muscle composition predicts outcome in critically ill patients. *Critical Care Explorations*, 2(8).
- Lovibond, P. F., & Lovibond, S. H. (1995). The structure of negative emotional states: Comparison of the Depression Anxiety Stress Scales (DASS) with the Beck Depression and Anxiety Inventories. *Behaviour Research and Therapy*, 33(3), 335–343.

- Marinus, N., Hansen, D., Feys, P., Meesen, R., Timmermans, A., & Spildooren, J. (2019). The Impact of Different Types of Exercise Training on Peripheral Blood Brain-Derived Neurotrophic Factor Concentrations in Older Adults: A Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 1–18.
- Marques, A., Gomez-Baya, D., Peralta, M., Frascuilho, D., Santos, T., Martins, J., Ferrari, G., & Gaspar de Matos, M. (2020). The effect of muscular strength on depression symptoms in adults: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(16), 5674.
- Mathiowetz, V. (2002). Comparison of Rolyan and Jamar dynamometers for measuring grip strength. *Occupational Therapy International*, 9(3), 201–209.
- McGregor, R. A., Cameron-Smith, D., & Poppitt, S. D. (2014). It is not just muscle mass: a review of muscle quality, composition and metabolism during ageing as determinants of muscle function and mobility in later life. *Longevity & Healthspan*, 3(1), 1–8.
- McKinnon, M. C., Yucel, K., Nazarov, A., & MacQueen, G. M. (2009). A meta-analysis examining clinical predictors of hippocampal volume in patients with major depressive disorder. *Journal of Psychiatry & Neuroscience: JPN*, 34(1), 41.
- Melo, G. L. R., Moraes, M. R., Nascimento, E. F., Boato, E. M., Beal, F. L. R., Stone, W., & da Cunha Nascimento, D. (2022). Field-based versus laboratory-based estimates of muscle quality index in adolescents with and without Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 66(12), 1000–1008.
- Messina, C., Albano, D., Gitto, S., Tofanelli, L., Bazzocchi, A., Ulivieri, F. M., Guglielmi, G., & Sconfienza, L. M. (2020). Body composition with dual energy X-ray absorptiometry: from basics to new tools. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, 10(8), 1687.
- Morel, G. R., León, M. L., Uriarte, M., Reggiani, P. C., & Goya, R. G. (2017). Therapeutic potential of IGF-I on hippocampal neurogenesis and function during aging. *Neurogenesis*, 4(1), e1259709.
- Morse, L. R., Biering-Soerensen, F., Carbone, L. D., Cervinka, T., Cirnigliaro, C. M., Johnston, T. E., Liu, N., Troy, K. L., Weaver, F. M., & Shuhart, C. (2019). Bone mineral density testing in spinal cord injury: 2019 ISCD official position. *Journal of Clinical Densitometry*, 22(4), 554–566.
- Mota, J. A., Stock, M. S., & Thompson, B. J. (2017). Vastus lateralis and rectus femoris echo intensity fail to reflect knee extensor specific tension in middle-school boys. *Physiological Measurement*, 38(8), 1529.
- Müller, P., Duderstadt, Y., Lessmann, V., & Müller, N. G. (2020). Lactate and BDNF: Key Mediators of Exercise Induced Neuroplasticity? *Journal of Clinical Medicine*, 9(4), 1136.
- Muris, P., Meesters, C., & Fijen, P. (2003). The self-perception profile for children: Further evidence for its factor structure, reliability, and validity. *Personality and Individual Differences*, 35(8), 1791–1802.
- Naimo, M. A., & Gu, J. K. (2022). The Relationship between Resistance Training Frequency and Muscle Quality in Adolescents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(13), 8099.
- National Spinal Cord Injury Statistical Center. (2022). *Traumatic Spinal Cord Injury Facts and Figures at a Glance 2022 SCI Data Sheet*. <https://msktc.org/sites/default/files/SCI-Facts-Figs-2022-Eng-508.pdf>
- Nazari, M., Shabani, R., & Dalili, S. (2020). The effect of concurrent resistance-aerobic training on serum cortisol level, anxiety, and quality of life in pediatric type 1 diabetes. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, 33(5), 599–604. <https://doi.org/10.1515/jpem-2019-0526>
- Nguyen, D. T., Dedding, C., Pham, T. T., Wright, P., & Bunders, J. (2013). Depression, anxiety, and suicidal ideation among Vietnamese secondary school students and proposed solutions: A cross-sectional study. *BMC Public Health*, 13(1), 195. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-13-1195>

- Nieto-Estévez, V., Defterali, Ç., & Vicario-Abejón, C. (2016). IGF-I: a key growth factor that regulates neurogenesis and synaptogenesis from embryonic to adult stages of the brain. *Frontiers in Neuroscience*, 10, 52.
- Norbury, R., Godlewska, B., & Cowen, P. J. (2014). When less is more: a functional magnetic resonance imaging study of verbal working memory in remitted depressed patients. *Psychological Medicine*, 44(6), 1197.
- Nordlund, M. M., & Thorstensson, A. (2007). Strength training effects of whole-body vibration? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 17(1), 12–17.
- Ojeda, Á. H., Chiroso, L. J., Barrilao, R. G., Rios, I. J. C., & Serrano, P. A. C. (2016). Efecto de la resistencia variable sobre la potenciación post activación: una revisión sistemática. *Archivos de Medicina Del Deporte: Revista de La Federación Española de Medicina Del Deporte y de La Confederación Iberoamericana de Medicina Del Deporte*, 175, 338–345.
- Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Castillo, M. J., & Sjöström, M. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: A powerful marker of health. *International Journal of Obesity*, 32(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803774>
- Othman, N., Ahmad, F., El Morr, C., & Ritvo, P. (2019). Perceived impact of contextual determinants on depression, anxiety and stress: A survey with university students. *International Journal of Mental Health Systems*, 13(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s13033-019-0275-x>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., & others. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Bmj*, 372.
- Peeters, N., Hanssen, B., Bar-On, L., De Groote, F., De Beukelaer, N., Coremans, M., Van den Broeck, C., Dan, B., Van Campenhout, A., & Desloovere, K. (2023). Associations between muscle morphology and spasticity in children with spastic cerebral palsy. *European Journal of Paediatric Neurology*, 44, 1–8.
- Peterson, M. D., Liu, D., Gordish-Dressman, H., Hubal, M. J., Pistilli, E., Angelopoulos, T. J., Clarkson, P. M., Moyna, N. M., Pescatello, L. S., Seip, R. L., & others. (2011). Adiposity attenuates muscle quality and the adaptive response to resistance exercise in non-obese, healthy adults. *International Journal of Obesity*, 35(8), 1095–1103.
- Philippot, A., Dubois, V., Lambrechts, K., Grogna, D., Robert, A., Jonckheer, U., Chakib, W., Beine, A., Bleyenheuft, Y., & De Volder, A. G. (2022). Data on the impact of physical exercise treatment on depression and anxiety in a psychiatric hospital for adolescents. *Data in Brief*, 42, 108165.
- Philippot, A., Meerschaut, A., Danneaux, L., Smal, G., Bleyenheuft, Y., & De Volder, A. G. (2019). Impact of physical exercise on symptoms of depression and anxiety in pre-adolescents: A pilot randomized trial. *Frontiers in Psychology*, 10, 1820.
- Pillen, S., & Van Alfen, N. (2015). Muscle ultrasound from diagnostic tool to outcome measure--Quantification is the challenge. *Muscle & Nerve*, 52(3), 319–320.
- Polyakova, M., Stuke, K., Schuemberg, K., Mueller, K., Schoenknecht, P., & Schroeter, M. L. (2015). BDNF as a biomarker for successful treatment of mood disorders: a systematic & quantitative meta-analysis. *Journal of Affective Disorders*, 174, 432–440.
- Prieto González, P., Sánchez-Infante, J., & Miguel Fernández-Galván, L. (2022). Do young adult males aiming to improve strength or develop muscle hypertrophy train according to the current strength and conditioning recommendations? *Retos: Nuevas Perspectivas de Educación Física, Deporte y Recreación*, 46.
- Pugh, N. E., & Hadjistavropoulos, H. D. (2011). Is anxiety about health associated with desire to exercise, physical activity, and exercise dependence? *Personality and Individual Differences*, 51(8), 1059–1062. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2011.08.025>

- Ramos-Sanchez, C. P., Schuch, F. B., Seedat, S., Louw, Q. A., Stubbs, B., Rosenbaum, S., Firth, J., van Winkel, R., & Vancampfort, D. (2021). The anxiolytic effects of exercise for people with anxiety and related disorders: An update of the available meta-analytic evidence. *Psychiatry Research*, 302, 114046.
- Ransdell, L. B., Wayment, H. A., Lopez, N., Lorts, C., Schwartz, A. L., Pugliesi, K., Pohl, P. S., Bycura, D., & Camplain, R. (2021). The impact of resistance training on body composition, muscle strength, and functional fitness in older women (45–80 years): A systematic review (2010–2020). *Women*, 1(3), 143–168.
- Rao, U., Chen, L.-A., Bidesi, A. S., Shad, M. U., Thomas, M. A., & Hammen, C. L. (2010). Hippocampal changes associated with early-life adversity and vulnerability to depression. *Biological Psychiatry*, 67(4), 357–364.
- Reyes-Ferrada, W., Rodríguez-Perea, Á., Chirisa-Ríos, L., Martínez-García, D., & Jerez-Mayorga, D. (2022). Muscle Quality and Functional and Conventional Ratios of Trunk Strength in Young Healthy Subjects: A Pilot Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), 12673.
- Reynolds, C. R., & Richmond, B. O. (1978). What I think and feel: A revised measure of children's manifest anxiety. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 6(2), 271–280.
- Román, F., Santibáñez, P., & Vinet, E. V. (2016). Uso de las Escalas de Depresión Ansiedad Estrés (DASS-21) como Instrumento de Tamizaje en Jóvenes con Problemas Clínicos. *Acta de Investigación Psicológica*, 6(1), 2325–2336. [https://doi.org/10.1016/s2007-4719\(16\)30053-9](https://doi.org/10.1016/s2007-4719(16)30053-9)
- Román Mella, F., Vinet, E. V., & Alarcón Muñoz, A. M. (2014). Escalas de depresión, ansiedad y estrés (DASS-21): Adaptación y propiedades psicométricas en estudiantes secundarios de Temuco. *Revista Argentina de Clínica Psicológica*, 23(2), 179–190.
- Sabido, R., Peñaranda, M., & Hernández-Davó, J. L. (2016). Comparison of Acute Responses To Four Different Hypertrophy-Oriented Resistance Training Methodologies. *European Journal of Human Movement*, 37, 109–121.
- Scarr, E., Millan, M. J., Bahn, S., Bertolino, A., Turck, C. W., Kapur, S., Möller, H.-J., & Dean, B. (2015). Biomarkers for psychiatry: the journey from fantasy to fact, a report of the 2013 CINP think tank. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 18(10), pyv042.
- Schoenfeld, B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), 2857–2872.
- Schröder, H., Ribas, L., Koebnick, C., Funtikova, A., Gomez, S. F., Fito, M., Perez-Rodrigo, C., & Serra-Majem, L. (2014). Prevalence of abdominal obesity in Spanish children and adolescents. Do we need waist circumference measurements in pediatric practice? *PloS One*, 9(1), e87549.
- Seo, M.-W., Jung, S.-W., Kim, S.-W., Jung, H. C., Kim, D.-Y., & Song, J. K. (2020). Comparisons of muscle quality and muscle growth factor between sarcopenic and non-sarcopenic older women. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(18), 6581.
- Shaffer, N. C., Fabbri, E., Ferrucci, L., Shardell, M., Simonsick, E. M., & Studenski, S. (2017). Muscle quality, strength, and lower extremity physical performance in the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *The Journal of Frailty & Aging*, 6(4), 183.
- Sharma, A. N., Soares, J. C., Carvalho, A. F., Quevedo, J., & others. (2016). Role of trophic factors GDNF, IGF-1 and VEGF in major depressive disorder: a comprehensive review of human studies. *Journal of Affective Disorders*, 197, 9–20.
- Shigdel, R., Stubbs, B., Sui, X., & Ernstsen, L. (2019). Cross-sectional and longitudinal association of non-exercise estimated cardiorespiratory fitness with depression and anxiety in the general population: The HUNT study. *Journal of Affective Disorders*, 252, 122–129.

- Smyth, J., Ockenfels, M. C., Porter, L., Kirschbaum, C., Hellhammer, D. H., & Stone, A. A. (1998). Stressors and mood measured on a momentary basis are associated with salivary cortisol secretion. *Psychoneuroendocrinology*, 23(4), 353–370.
- Solmi, M., Radua, J., Olivola, M., Croce, E., Soardo, L., Salazar de Pablo, G., Il Shin, J., Kirkbride, J. B., Jones, P., & Kim, J. H. (2022). Age at onset of mental disorders worldwide: large-scale meta-analysis of 192 epidemiological studies. *Molecular Psychiatry*, 27(1), 281–295.
- Speilberger, C. D., & Vagg, P. R. (1984). Psychometric properties of the STAI: a reply to Ramanaiah, Franzen, and Schill. *Journal of Personality Assessment*, 48(1), 95–97.
- Spielberger, C. D. (1989). *State-trait anxiety inventory: bibliography*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Spielberger, C. D. (2021). Stress and anxiety in sports. In *Anxiety in sports* (pp. 3–17). Taylor & Francis.
- Stonerock, G. L., Hoffman, B. M., Smith, P. J., & Blumenthal, J. A. (2015). Exercise as Treatment for Anxiety: Systematic Review and Analysis. *Annals of Behavioral Medicine*, 49(4), 542–556. <https://doi.org/10.1007/s12160-014-9685-9>
- Stotz, A., Mason, J., & Zech, A. (2023). The relationship between muscle quality index and physical function in older adults. *Isokinetics and Exercise Science, Preprint*, 1–8.
- Stubbs, B., Vancampfort, D., Rosenbaum, S., Firth, J., Cosco, T., Veronese, N., Salum, G. A., & Schuch, F. B. (2017). An examination of the anxiolytic effects of exercise for people with anxiety and stress-related disorders: A meta-analysis. *Psychiatry Research*, 249(January), 102–108. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2016.12.020>
- Suh, J., Choi, H. S., Kwon, A., Chae, H. W., Eom, S., & Kim, H. S. (2019). Once-weekly supervised combined training improves neurocognitive and psychobehavioral outcomes in young patients with type 1 diabetes mellitus. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, 1–10. <https://doi.org/10.1515/jpem-2019-0120>
- Suzuki, H., Botteron, K. N., Luby, J. L., Belden, A. C., Gaffrey, M. S., Babb, C. M., Nishino, T., Miller, M. I., Ratnanather, J. T., & Barch, D. M. (2013). Structural-functional correlations between hippocampal volume and cortico-limbic emotional responses in depressed children. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 13(1), 135–151.
- Tatangelo, T., Muollo, V., Ghiotto, L., Schena, F., & Rossi, A. P. (2022). Exploring the association between handgrip, lower limb muscle strength, and physical function in older adults: A narrative review. *Experimental Gerontology*, 111902.
- Terry, P. C., Lane, A. M., & Fogarty, G. J. (2003). Construct validity of the Profile of Mood States—Adolescents for use with adults. *Psychology of Sport and Exercise*, 4(2), 125–139.
- Tonello, L., Oliveira-Silva, I., Medeiros, A. R., Donato, A. N. A., Schuch, F. B., Donath, L., & Boullosa, D. (2019). Prediction of depression scores from aerobic fitness, body fatness, physical activity, and vagal indices in non-exercising, female workers. *Frontiers in Psychiatry*, 10, 192.
- Troyan, A. S., & Levada, O. A. (2020). The Diagnostic Value of the Combination of Serum Brain-Derived Neurotrophic Factor and Insulin-Like Growth Factor-1 for Major Depressive Disorder Diagnosis and Treatment Efficacy. *Frontiers in Psychiatry*, 11, 800.
- Vancampfort, D., Heissel, A., Wacławovsky, A., Stubbs, B., Firth, J., McGrath, R. L., Van Damme, T., & Schuch, F. B. (2022). Precision-based exercise in people with anxiety and stress related disorders: Are there interindividual differences in anxiolytic effects? An ancillary meta-analysis of randomized controlled trials. *Psychiatry Research*, 317, 114803.
- Veronese, N., Stubbs, B., Trevisan, C., Bolzetta, F., De Rui, M., Solmi, M., Sartori, L., Musacchio, E., Zambon, S., & Perissinotto, E. (2017). Poor physical performance predicts future onset of

- depression in elderly people: Progetto Veneto Anziani Longitudinal Study. *Physical Therapy*, 97(6), 659–668.
- Vicente, B., Kohn, R., Saldivia, S., & Rioseco, P. (2007). Carga del enfermar psíquico, barreras y brechas en la atención de Salud Mental en Chile. *Revista Medica de Chile*, 135(12), 1591–1599.
- Von Elm, E., Altman, D. G., Egger, M., Pocock, S. J., Gøtzsche, P. C., & Vandenbroucke, J. P. (2007). The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *The Lancet*, 370(9596), 1453–1457.
- Wackerhage, H., Schoenfeld, B. J., Hamilton, D. L., Lehti, M., & Hulmi, J. J. (2019). Stimuli and sensors that initiate skeletal muscle hypertrophy following resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 126(1), 30–43.
- Waddington, H., Masset, E., & Jimenez, E. (2018). What have we learned after ten years of systematic reviews in international development? *Journal of Development Effectiveness*, 10(1), 1–16.
- Walker, E. R., McGee, R. E., & Druss, B. G. (2015). Mortality in mental disorders and global disease burden implications: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Psychiatry*, 72(4), 334–341.
- Wallenstein, G. V., Blaisdell-Gross, B., Gajria, K., Guo, A., Hagan, M., Kornstein, S. G., & Yonkers, K. A. (2008). Development and validation of the Premenstrual Symptoms Impact Survey (PMSIS): a disease-specific quality of life assessment tool. *Journal of Women's Health*, 17(3), 439–450.
- Wegner, M., Amatriain-Fernández, S., Kaulitzky, A., Murillo-Rodriguez, E., Machado, S., & Budde, H. (2020). Systematic Review of Meta-Analyses: Exercise Effects on Depression in Children and Adolescents. *Frontiers in Psychiatry*, 11(March), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2020.00081>
- Whitworth, J. W., Nosrat, S., SantaBarbara, N. J., & Ciccolo, J. T. (2019). Feasibility of resistance exercise for posttraumatic stress and anxiety symptoms: a randomized controlled pilot study. *Journal of Traumatic Stress*, 32(6), 977–984.
- Willcocks, R. J., Barnard, A. M., Wortman, R. J., Senesac, C. R., Lott, D. J., Harrington, A. T., Zilke, K. L., Forbes, S. C., Rooney, W. D., & Wang, D.-J. (2022). Development of contractures in DMD in relation to MRI-determined muscle quality and ambulatory function. *Journal of Neuromuscular Diseases*, 9(2), 289–302.
- Wilson, J. M., Marin, P. J., Rhea, M. R., Wilson, S. M. C., Loenneke, J. P., & Anderson, J. C. (2012). Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(8), 2293–2307.
- Winett, R. A., & Carpinelli, R. N. (2001). Potential health-related benefits of resistance training. *Preventive Medicine*, 33(5), 503–513.
- Wittfeld, K., Jochem, C., Dörr, M., Schminke, U., Gläser, S., Bahls, M., Markus, M. R. P., Felix, S. B., Leitzmann, M. F., Ewert, R., Bülow, R., Völzke, H., Janowitz, D., Baumeister, S. E., & Grabe, H. J. (2020). Cardiorespiratory Fitness and Gray Matter Volume in the Temporal, Frontal, and Cerebellar Regions in the General Population. *Mayo Clinic Proceedings*, 95(1), 44–56. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2019.05.030>
- Wokke, B. H., Van Den Bergen, J. C., Versluis, M. J., Niks, E. H., Milles, J., Webb, A. G., Van Zwet, E. W., Aartsma-Rus, A., Verschuuren, J. J., & Kan, H. E. (2014). Quantitative MRI and strength measurements in the assessment of muscle quality in Duchenne muscular dystrophy. *Neuromuscular Disorders*, 24(5), 409–416.
- Wolfe, R. R. (2006). The underappreciated role of muscle in health and disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, 84(3), 475–482. <https://doi.org/10.1093/ajcn/84.3.475>
- Wu, J., Tong, H., Liu, Z., Tao, J., Chen, L., Chan, C. C. H., & Lee, T. M. C. (2020). Neurobiological effects of perceived stress are different between adolescents and middle-aged adults. *Brain Imaging and Behavior*, 1–9.

- Wunram, H. L., Hamacher, S., Hellmich, M., Volk, M., Jänicke, F., Reinhard, F., Bloch, W., Zimmer, P., Graf, C., Schönau, E., Lehmkuhl, G., Bender, S., & Fricke, O. (2018). Whole body vibration added to treatment as usual is effective in adolescents with depression: a partly randomized, three-armed clinical trial in inpatients. *European Child and Adolescent Psychiatry*, 27(5), 645–662. <https://doi.org/10.1007/s00787-017-1071-2>
- Zavala-Crichton, J. P., Esteban-Cornejo, I., Solis-Urra, P., Mora-Gonzalez, J., Cadenas-Sanchez, C., Rodriguez-Ayllon, M., Migueles, J. H., Molina-Garcia, P., Verdejo-Roman, J., Kramer, A. F., & others. (2020). Association of Sedentary Behavior with Brain Structure and Intelligence in Children with Overweight or Obesity: The ActiveBrains Project. *Journal of Clinical Medicine*, 9(4), 1101.
- Zhao, Z., Ji, C., Liu, Y., Gao, S., & Xia, Y. (2020). Higher handgrip strength predicts a lower risk of depressive symptoms in rural Chinese populations. *Journal of Affective Disorders*, 269, 12–17.

ANEXO

Publicaciones internacionales y que se encuentran en su idioma original de inglés como resultado de la tesis doctoral

Estudio 1:

1

Abstract: Physical exercise has a positive impact on anxiety and depression. However, the evidence that associates strength training with a decrease in adolescents' psychosocial disorders is scarce. Consequently, the objective was to analyze the effects of training with different modes of strength intervention on anxiety, stress, and depression in adolescents. The search was designed according to PRISMA®. We searched WoS, Scopus, SPORTDiscus, PubMed, and MEDLINE (2010–2020). Methodological quality and risk of bias were assessed with the Cochrane Collaboration. The analysis was carried out with a standardized mean difference (SMD) pooled using the Hedges g test (95% CI). The Main Outcome Measures were: anxiety, stress, and depression in adolescents post strength training. Nine studies were included in the systematic review and seven in the meta-analysis. These studies showed a large and significant effect of strength training on anxiety (SMD = -1.75 ; CI = 95%: -3.03 , -0.48 ; $p = 0.007$) and depression (SMD = -1.61 ; CI = 95%: -2.54 , -0.67 , $p = 0.0007$). In conclusion, training with different modes of strength intervention have shown control over anxiety and depression in adolescents. However, conventional strength training seems to have better results than other modes of strength intervention.

Keywords: strength training; anxiety; stress; depression; adolescence

1. Introduction

Currently, a large part of the population has been affected in terms of quality of life due to negative alterations in mental health [1]. In this sense, variables such as anxiety are considered an emotional reaction consisting of a unique combination of feelings of tension, apprehension, and nervousness, as well as unpleasant thoughts of worry and physiological changes associated with the activation of the autonomic nervous system [2]. Stress is defined as a psychological condition that occurs when a subject observes a substantial imbalance between the demands that he or she endures and his or her ability to meet them [3]. Moreover, depression is defined as a mood condition, such as excessive sadness and/or a significantly reduced experience of pleasure. These mental health disorders are called psychosocial disorders [4,5]. These psychosocial disorders have been identified in athletes [6], workers [1], university students [5,7], and adolescents [8]. Specifically, an adolescent psychosocial disorder can lead to decreased academic performance, increased drug use and consumption, and increased potential for suicidal ideation [8] and has even been associated with decreased interest in physical activity [9]. The latter has been considered one of the determining factors for reducing anxiety, stress, and depression levels [10].

In this context, physical activity and exercise practice improve physical fitness, resulting in beneficial effects on physical and cognitive health in children and adolescents [11].

An example of this is the anxiolytic effect of aerobic exercise [12] in patients with anxiety and stress disorders [13,14], despite this evidence, which shows a positive effect of aerobic physical exercise on anxiety and stress in children and adolescents, leaving a vast space of ignorance about the effect of strength training on psychosocial parameters [15]. Another mechanism by which physical activity and exercise are related to better mental health is brain development in the population that practices physical activity and exercise [16]. In this regard, it has been shown that high levels of maximum oxygen consumption are related to a greater volume of the left medial prefrontal cortex and an increase in the surface areas of the parietal cortex in adolescents [17]. In parallel, it has been found that subjects with a better physical shape have higher hippocampus volumes [18]. Conversely, a lower hippocampus volume has also been associated with the development and increased depression levels in adolescents [19–22].

As mentioned above, the practice of physical activity and exercise may be involved in brain development [16] and, consequently, in psychosocial disorders [23]. Although the benefits of aerobic training on anxiety, stress, and depression are well established in the literature [14,15], evidence from strength training on psychosocial disorders is scarce [24]. Specifically, strength training is an exercise that involves the voluntary activation of specific muscle groups of the skeletal muscle against an external resistance [25]. There is training with different modes of strength intervention that allow the development of muscular strength: conventional strength training (which consists of systematic executions of concentric and eccentric muscle contractions voluntarily against external loads) [26]; concurrent training (which includes a combination of aerobic and strength training) [27]; strength training on a vibrating platform (which includes the use of vibrations to induce muscle contraction) [28]; strength training through CrossFit® (which consists of a combination of strength exercises performed through a circuit) [29], and plyometric training (which are jumping exercises) [30]. This training type allows the development and increase of skeletal muscle mass, strength, power, and muscle endurance [31–33]. Concerning optimal muscle development resulting from strength training, it has been shown that subjects with greater muscle mass have a better quality of life [34]. Conversely, low levels of muscle strength are a reflection of poor muscle quality [35]. In this sense, muscle quality describes the functional physiological capacity of muscle tissue [36]. This tissue must carry out various functions, such as contractions, metabolism, and electrical conduction [36]. At the same time, it has been observed that high muscle quality plays a role in preventing chronic diseases [37]. It has also been shown that men and women with a high subcutaneous adipose tissue content [38], high-fat mass, and low lean mass [39] have decreased muscle quality [38,39].

Based on these antecedents, it is possible that an excellent physical condition—reflected in good muscular quality as a result of strength training [35]—might be capable of making substantial changes in brain development [16]. This may decrease anxiety and stress levels, as well as depression in adolescents. Unfortunately, these associations are not sufficiently studied; so far, it seems that only speculations were made. On the other hand, there would be indications that strength training would improve anxiety levels [24]. In this regard, a meta-analysis by Gordon et al. [24] showed that strength training significantly improved anxiety symptoms in healthy adult participants and adult participants with a physical or mental illness. However, these researchers [24] did not evaluate the anxiety, stress, and/or depression of the adolescent participants; thus, there is insufficient knowledge about the effects of training methods on adolescents' anxiety, stress, and depression levels.

Consequently, the objective of this systematic review and meta-analysis was to analyze the effects of training with different modes of strength intervention on psychosocial disorders of anxiety, stress, and depression in adolescents.

2. Materials and Methods

This systematic review and meta-analysis followed the preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses (PRISMA) guidelines [40] and the Cochrane Collaboration guidelines to evaluate the risk of studies bias. The protocol of this review was registered in PROSPERO (CRD42021271440)

2.1. Eligibility Criteria

Articles were eligible if they were published or in-press in a peer-reviewed journal, with full text in English, Spanish, French, Portuguese, and German. Search limits were articles published in the last ten years (January 2010 to June 2020). Such restriction has the objective to show a current panorama of the analyzed studies [41,42]. The literature search was conducted following the guidelines for systematic reviews and meta-analysis (PRISMA) [40]. For this purpose, population, intervention, comparators, and outcomes (PICO) were established as follows: (i) participants were adolescents explicitly or implicitly diagnosed with any form of anxiety, depression, and stress (for example, Beck's Depression Inventory (BDI) [43], Children's Depression Inventory (CDI) [44], Profile of Mood States (POMS) [45], Premenstrual Symptoms Impact Survey (PMSIS) [46], State-trait Anxiety Inventory (STAI) [47], Children's Manifest Anxiety Scale (CMAS) [48], Kessler Psychological Distress Scale (K10) [49], among others [50]); (ii) Only those interventions that, within their protocol, have used different modes of strength training intervention, regardless of their modality (alone or combined), were considered; (iii) The comparators were control groups that had not performed any training protocols; (iv) The results were any effects (positive or negative) on indicators of anxiety, stress, and depression; (v) The study design was limited to experimental studies. Studies that did not meet the eligibility criteria were excluded. The discrepancies found were resolved by the consensus of the researchers.

2.2. Information Sources and Search

The search identified articles published in the following databases: Web of Science (WoS), Scopus, SPORTDiscus, PubMed, and Medline. In each of the databases, the title, abstract, and keyword search fields were searched. The following keywords, combined with Boolean operators (AND/OR), were used ("strength training" OR "resistance training" OR "weight training" OR "concurrent training" OR "combined training" OR "cross training" OR "crossFit" OR "plyometric training") AND ["adolescent" OR "adolescence" OR "teenager" OR "teen"] AND ["anxiety" OR "stress" OR "depression" OR "depressive disorder"]. Two authors searched and reviewed the studies, both deciding whether the inclusion of the studies was appropriate. In case of disagreement, a third author was consulted.

2.3. Data Extraction

The data collection was: author, year, journal, target, sample, number of participants, age, dependent and independent variable, treatment, outcomes, performance, experimental, and control groups. One author extracted the continuous data for the meta-analysis and a second author verified them. In case of disagreement, the third author was consulted. The values were entered in a spreadsheet in the Excel software, and then the Review Manager software was used (version 5.4) (Copenhagen, Denmark: The Nordic Cochrane Centre, The Cochrane Collaboration, 2014).

2.4. Risk of Publication Bias between Studies

The risk of publication bias between studies was only carried out in those part of the meta-analysis. Publication bias was assessed using Egger's statistical test. This test determined the presence of bias at $p \leq 0.05$ [51]. Funnel plots were created to interpret the general effect, followed by an Egger's statistic to confirm or refute publication bias.

2.5. Methodological Quality and Risk of Bias of Individual Studies

The methodological quality and risk of bias of each study selected for the meta-analysis were evaluated using the Cochrane Collaboration guide [52]. The list was divided into six different domains: selection bias (random sequence generation, allocation concealment), performance bias (blinding of participants and personnel), detection bias (blinding of outcome assessment), attrition bias (incomplete outcome data), reporting bias (selective reporting), and other types of bias (declaration of conflict of interest). For each item, the answer to a question was considered; when the question was answered with a "Yes," the bias was low; when it was "No," the bias was high; when it was "Unclear," the possible bias was connected to a lack of information or uncertainty.

2.6. Summary Measures and Synthesis of Results in Studies

For the analysis and interpretation of results in this systematic review and meta-analysis, the effect of strength training on anxiety, stress, and depression levels in adolescents was examined as a primary outcome. The meta-analysis was only carried out if the selected study complied with an intervention with a strength training protocol, contained a control group and an experimental group, and those in which the variables of anxiety, stress, and/or depression had presented pre- and post-intervention evaluations. Thus, if any study did not meet these characteristics, it could not be part of the meta-analysis and would only be considered part of the systematic review. In order to evaluate the quality of the experiments and interpret the risk of bias values, Review Manager version 5.4 was used (Copenhagen, Denmark: The Nordic Cochrane Centre, The Cochrane Collaboration, 2014). The same software was used to perform a descriptive and statistical analysis of the meta-analysis. To compare the effects of the experimental group (EG) that performed resistance training versus a control group (CG) that contained no intervention, the number of participants, standardized mean difference (SMD), and standard error of SMD were analyzed for each study. Hedges' g test was used to calculate the SMD of each study [53]. The overall effect and the 95% confidence interval (CI) were calculated by weighting the SMD by inverse variance. Additionally, the SMD of both the EG and CG groups were subtracted to obtain the effect size (ES), which was used together with the pooled SD of change to calculate the variance ($ES = [\text{mean EG} - \text{mean CG}]/SD$). To interpret the magnitude of the ES, Cohen's criteria were: <0.2, trivial; 0.2–0.5, small; 0.5–0.8, moderate; and >0.8, large [54].

Due to real heterogeneity rather than chance, the I² statistic was calculated as an indicator of the studies' total observed variation. I² values are included from 0 to 100%, representing: a small amount of inconsistency (between 25% and 50%); a medium amount of heterogeneity (between 50% and 75%); and a large heterogeneity (when the I² value was higher than 75%). In this sense, low, moderate, and high adjectives would be accepted, referring to I² values of 25%, 50%, and 75%, respectively, although a restrictive categorization would not be adequate in all circumstances [55].

3. Results

3.1. Studies Selection

The literature search through electronic databases identified 375 articles, of which 189 were duplicates. The remaining 166 articles were filtered by title and abstract, and 20 studies remained to be read and analyzed. After reviewing those 20 studies, 11 were eliminated because they did not meet the inclusion criteria. As a result, nine articles were included in the systematic review. Of these nine, two did not meet the meta-analysis characteristics, thus only seven studies were part of the meta-analysis. The search strategy and study selection are shown in Figure 1.

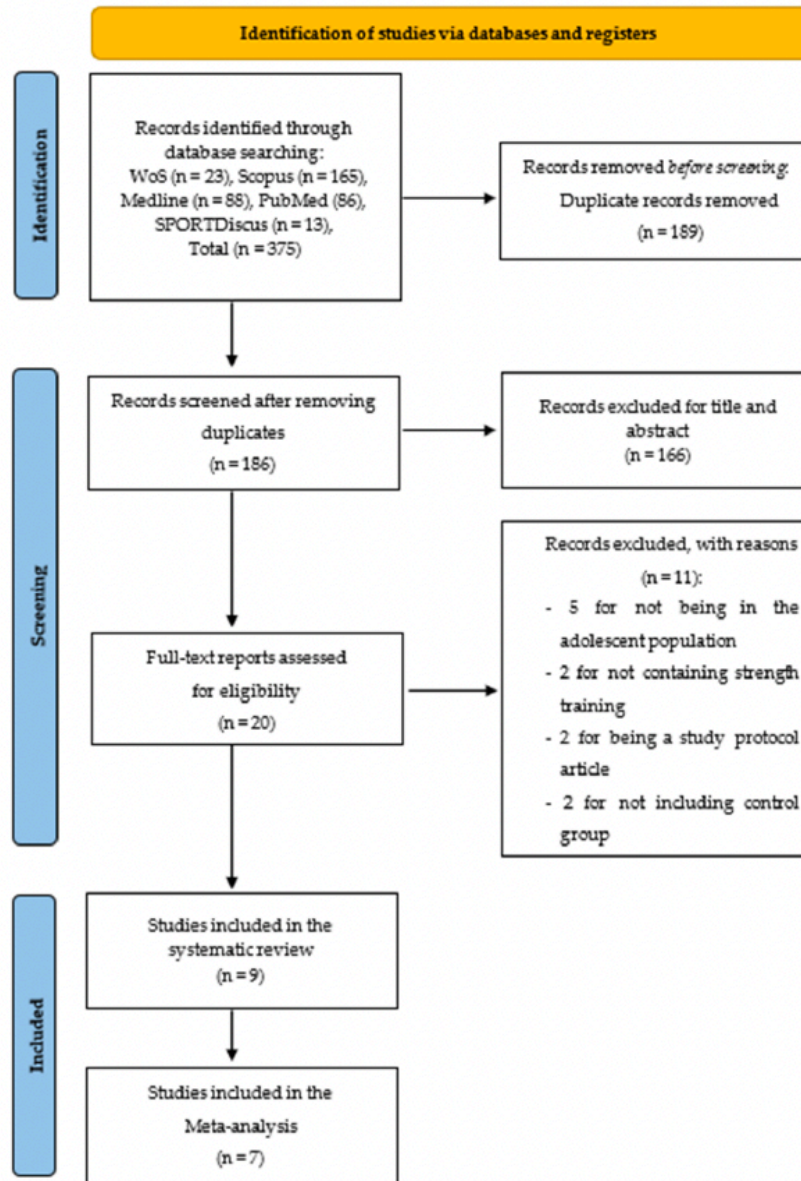


Figure 1. PRISMA flow diagram of articles that were selected.

Of the nine studies included in the systematic review and meta-analysis, one determined the effects of strength training on anxiety levels [56], four on depression [57–60], and three used anxiety and depression variables together [61–63]. Besides, one article evaluated mental health (emotional, psychological, and social well-being) [64], which is commonly associated with psychosocial anxiety disorders and depression [65]. On the other hand, strength training was reflected through the following intervention modes: CrossFit Teens™ [64], concurrent training (CT) combining aerobic and strength exercises [56–58,61,63], vibration platform strength training [60,62], and conventional strength training [58,59,62]. The characteristics and type of strength training protocol of the studies selected in this systematic review and meta-analysis are presented in Tables 1 and 2.

Table 1. Characteristics of the studies included in the systematic review and meta-analysis.

Author	Objective	Sample	Variables	Results	Physical Performance
Effects of Strength and Concurrent Training on Anxiety and Depression					
Costigan et al. [61]	To evaluate the efficacy of two high-intensity interval training (HIIT) protocols for improving cognitive and mental health outcomes (executive function, psychological well-being, psychological distress, and physical self-concept) in adolescents	65 adolescents, 45 M and 20 W CG: 22 (15.6 ± 0.6) EG1: 21 (15.7 ± 0.7) EG2: 22 (15.5 ± 0.6)	IV: HIIT (EG1); HIIT + ST (EG2) DV: Cognitive and mental health (evaluated through the Kessler Psychological Distress Scale).	ns	–
Eather et al. [64]	To investigate the effectiveness of the CrossFit Teens resistance training program for improving mental health outcomes in adolescents and to explore potential moderators and mediators.	96 adolescents (15.5 ± 0.50) CG: 45 EG: 51	IV: CrossFit Teens. DV: Mental health (evaluated through the Strength and Difficulties Questionnaire)	ns	–
Suh et al. [63]	To evaluate the effect of combined aerobic and resistance exercise in adolescents with type 1 diabetic.	30 adolescents with Diabetes Mellitus I EG: 20 (17.10 ± 4.54) CG: 10 (21.80 ± 3.05)	IV: CT. DV: Anxiety, depression (evaluated through the Beck's Depression Inventory, Children's Depression Inventory, State-trait Anxiety Inventory and Revised Children's Manifest Anxiety Scale). Glycemic control, cardiovascular function, and physical fitness	EG ↑ ($p < 0.05$) in $\dot{V}O_2$ max and maximal force. Anxiety and depression were ns.	↑ in both groups
ElDeeb et al. [62]	To compare the effect of whole-body vibration and resistive exercise on premenstrual symptoms in adolescents with premenstrual syndrome.	60 young sedentary W CG: 20 (17.9 ± 1.16) EG1: 20 (17.7 ± 1.17) EG2: 20 (17.3 ± 1.41)	IV: VPT (EG1); ST (EG2). DV: Premenstrual symptoms, anxiety, and depression (evaluated through the Premenstrual Symptoms Impact Survey)	EG1 and EG2, ↓ ($p < 0.05$) their levels of anxiety and depression, significantly.	–
Effects of Strength and Concurrent Training on Anxiety					
Nazari et al. [56]	To explore the effect of concurrent resistance-aerobic training on serum cortisol level, anxiety, and quality of life among pediatric type 1 diabetic.	40 children adolescents with type 1 diabetes. EG: 20 (11.22 ± 1.90) CG: 20 (11.00 ± 2.67)	IV: CT. DV: Anxiety, serum cortisol level, and quality of life (evaluated through the Revised Children's Manifest Anxiety Scale).	EG ↓ ($p = 0.001$) anxiety, significantly. Quality of life ↑ significantly ($p = 0.003$). Cortisol was ns.	–
Effects of Strength and Concurrent Training on Depression					
Goldfield et al. [58]	To determine the effects of aerobic training, resistance training, and combined training on mood, body image, and self-esteem in adolescents with obesity.	304 adolescents with obesity. 91 M y 213 W CG: 76 (15.6 ± 1.3) EG1: 75 (15.5 ± 1.4) EG2: 78 (15.9 ± 1.5) EG3: 75 (15.5 ± 1.3)	IV: AT (EG1); ST (EG2); CT [AT + ST] (EG3) DV: Mood with depression, fatigue and anger (evaluated through the Brunel Mood Scale), body image and self-esteem.	EG2 ↓ ($p 0.02$) their depression levels, significantly.	–
Carter et al. [57]	To determine the effectiveness of a preferred intensity exercise intervention on the depressive symptoms of adolescents with depression.	87 youngsters with depression. 9 M y 68 W CG: 43 (15.4 ± 0.9) EG: 44 (15.4 ± 1.0)	IV: CT. DV: Depression (evaluated through the Children's depression inventory 2), and quality of life	ns	–
Gordon et al. [59]	To investigate the differential effects of graded aerobic exercise and progressive resistance training on exercise tolerance, fatigue, and quality of life in adolescent patients with chronic fatigue syndrome.	22 adolescents with chronic fatigue. EG1: 11 (16.2 ± 0.8) EG2: 11 (15.6 ± 1.6)	IV: AT (EG1); ST (EG2). DV: Exercise tolerance, fatigue, and depression (evaluated through the Becks Depression Index).	EG1 and EG2 ↓ ($p 0.02$ and $p 0.03$) depression levels significantly.	↑ in both groups

Wunram et al. [60]	To investigate the feasibility and effectiveness of a high-frequency whole-body vibration (WBV) training as add-on anti-depressive treatment in medication-naïve inpatient adolescents with diagnosed major depression compared to an endurance cycling condition.	64 teenagers with depression. EG1: 20 (16.1 ± 1.2) EG2: 21 (15.9 ± 1.2) CG: 23 (15.7 ± 1.1)	IV: Ergometer (EG1); VPT (EG2). DV: Depressive symptoms (evaluated through the Depressionsinventar für Kinder und Jugendliche).	Depression was ns after 6w. Depression ↓ after 26w EG1 ($p = 0.037$) y EG2 ($p = 0.042$), significantly.	EG1: ↑ EG2: =
--------------------	--	---	---	--	------------------

↓: decreases; =: equal; ↑: increase; -: not measured; +: plus; AT: aerobic training; CG: control group; CT: concurrent training; DV: dependent variable; EG: experimental group; HR: heart rate; IV: independent variable; M: men; min: minutes; MR: maximum repetitions; ns: non-significant; P: pause; R: repetitions; S: sessions; s: seconds; ST: strength training; VO₂ max: maximum oxygen consumption; VPT: vibration platform training; W: women; w: weeks; Wo: work; x: for.

Table 2. Characteristics of Strength Training Interventions.

Author	W	S/w	Methodology	Reps (n)	Sets (n)	Intensity/Load	Rest Between Sets
Costigan et al. [61]	8	3	AT HIIT (EG1); Gross motor cardiorespiratory exercises (shuttle runs, jumping jacks, and skipping)	Maximum number of repetitions in 30 s for 8–10 min	NR	92.4% (HR max)	30 s
	8	3	CT [HIIT + ST] (EG2); (shuttle runs, jumping jacks, skipping, combined with body weight squats, push-ups)	Maximum number of repetitions in 30 s for 8–10 min	NR	91.8% (HR max)	30 s
Eather et al. [64]	8	2	CrossFit (squat jumps, lunges, medicine ball toss, push-ups, deadlifts and shoulder press)	Depending on the performance obtained W previous	NR	NR	NR
Suh et al. [63]	12	1	CT [AT + ST] (10 min of leg extension and leg press, and 40 min of cycling and walking on the treadmill)	ST = 12 AT = 1	ST = 5 AT = 1	ST = 70% (1-MR) AT = 70–80% (HR max)	NR
ElDeeb et al. [62]	12	3	VPT (with a knee angle of 150° and vibration amplitude of 1 mm).	1-min	3–10	20 Hz	1-min
	12	3	ST (exercises for shoulder, elbow, hip, and knee joints).	3–12	1 for shoulder	60–70% (1-MR)	2-min
Nazari et al. [56]	16	3	CT [ST + AT] (20-min Pilates exercises + 20-min bodyweight exercises. Then, 20-min AT including 10-min of V-forward, V-back and 10-min of march)	ST = 8–12	ST = 2–3	ST = NR AT = 50–75% (HR max)	ST = 30 s AT = 2-min
Goldfield et al. [58]	22	3	AT (EG1); (45-min of Treadmill, elliptical, and/or bicycle)	1	1	65–85% (HR max)	NR
	22	3	ST (EG2); (Seven exercises with weight machines or free weights)	8–15	2–3	80% (1-MR)	NR
	22	3	CT [AT + ST] (EG3)	AT = 1 ST = 8–15	AT = 1 ST = 2–3	AT = 65–85% (HR max) ST = 80% (1-MR)	NR
Carter et al. [57]	6	2	CT [AT + ST] (abdomen and back exercises; two medicine ball arm exercises from the supine position; rebound, static and dynamic balance exercises on a trampoline; bodyweight squatting exercise against a wall and stationary bicycle)	NR	NR	NR	NR
Gordon et al. [59]	4	5	AT (20–40 min of stationary bicycle, and treadmill)	NR	NR	40–60% (of reserve HR)	NR
	4	5	ST (16 exercises combine upper and lower body and core stability)	10–15	1	NR	NR
Wunram et al. [60]	6	4	AT (Ergometer)	NR	NR		
	6	4	ST [VPT] (arm and shoulder contractions, trunk rotation, variety of leg and squat positions with 2–3 min for exercise and amplitude of 2 mm)	NR	NR	20 Hz	3

AT: aerobic training; CT: concurrent training; EG: experimental group; HR: heart rate; min: minutes; MR: maximum repetitions; NR: not reported; s: seconds; ST: strength training; S/w: session per week; VPT: vibration platform training; w: weeks.

3.1.1. Risk of Bias among Studies

Egger's analysis suggested that the primary variables evaluated in the studies that were part of the meta-analysis showed publication bias after strength training and concurrent training: (a) anxiety: $z = 2.69, p = 0.007$; (b) depression: $z = 3.38, p = 0.0007$ (Figure 2).

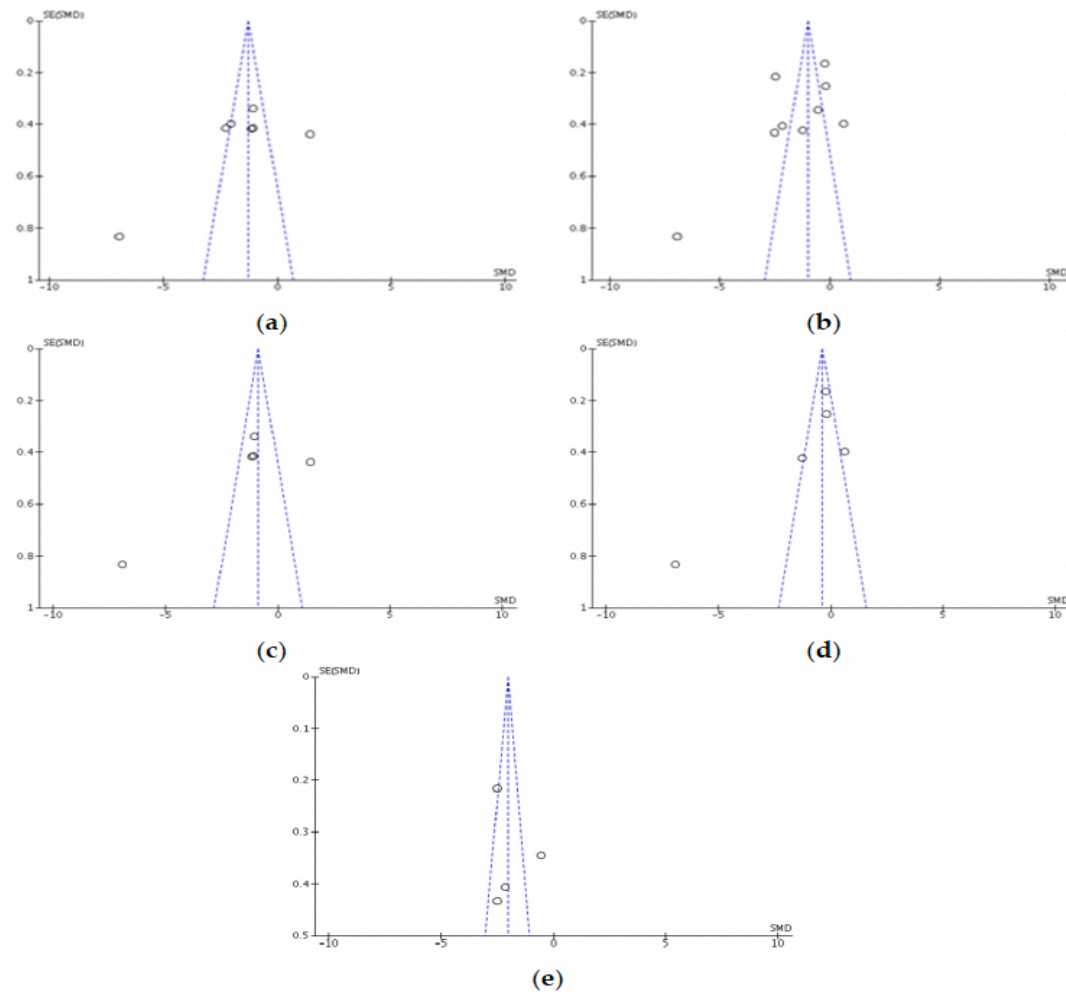


Figure 2. The standard error in different modes of strength intervention for anxiety and depression. (a) strength training and concurrent training for anxiety; (b) strength training and concurrent training for depression; (c) concurrent training for anxiety; (d) concurrent training for depression; (e) strength training for depression; SE: standard error; SMD: standardized mean difference.

3.1.2. Assessment of Methodological Quality and Risk of Bias of Individual Studies

The assessment of the methodological quality and risk of bias of the seven studies selected for meta-analysis showed that the study developed by Suh et al. [63] had: a high risk of bias for the domain of selection bias (random sequence generation, allocation concealment); unclear risk for performance bias (blinding of participants and research staff); detection bias (blinding of outcome assessment); and dropout bias (incomplete outcome data). Likewise, Goldfield et al. [58] showed an unclear risk of bias for dropout bias. On the other hand, the rest of the studies [56,57,60–62] showed a low risk of bias for all domains. Full details of each study and domain are presented in Figures 3 and 4.

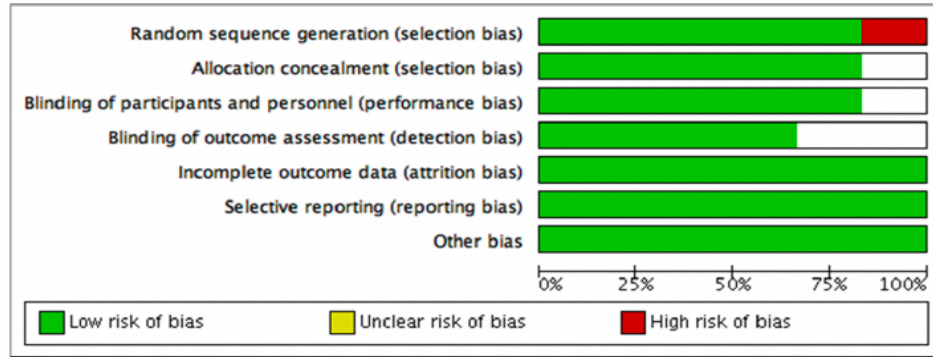


Figure 3. Risk of bias graph: review authors' judgements about each risk of bias item presented as percentages across all included studies.

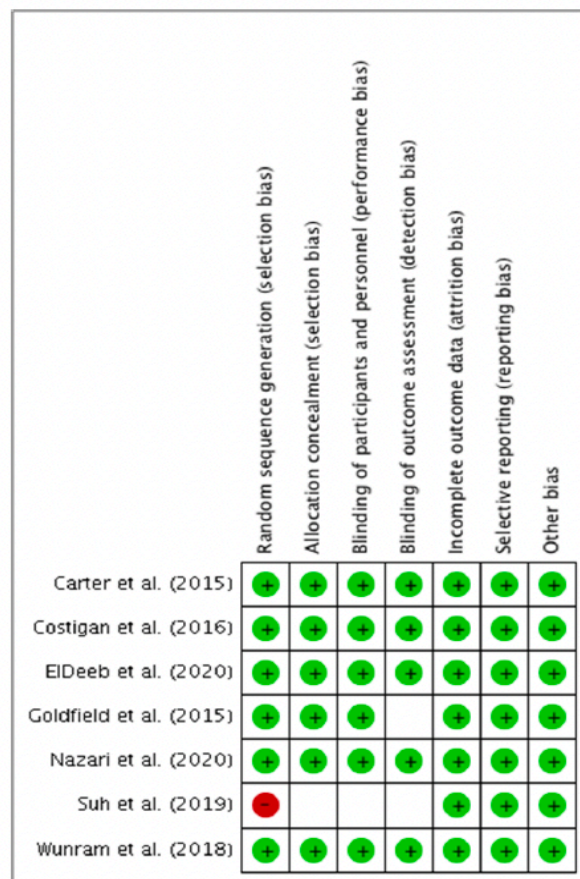


Figure 4. Risk of bias summary: Review authors' judgements about each risk of bias item for each included study.

3.2. Meta-Analysis

3.2.1. Effects of Different Strength Training Methods on Anxiety Levels

Four studies were considered for this analysis [56,61–63]. However, Suh et al. [63] included three anxiety questionnaires in the research with different results. On the other hand, ElDeeb et al. [62] included two different pieces of training for strength intervention

in the research design, one on a vibrating platform and the other conventional. For the meta-analysis, the study by Suh et al. [63] was considered as three independent designs. Similarly, the study by ElDeeb et al. [62] was considered as two independent training protocols. Therefore, seven studies were included in the meta-analysis that calculated the effect of training with different modes of strength intervention on anxiety levels. Figure 5 shows that training with different modes of strength intervention have a large and significant effect on the anxiety level (SMD = -1.75; CI = 95%: -3.03, -0.48; $p = 0.007$). The meta-analysis showed high heterogeneity among the studies reviewed ($I^2 = 94\%$; $p = 0.00001$). Out of the seven studies analyzed, six reported a beneficial effect of different strength training methods on anxiety levels [56,61–63]. These six studies showed a large ES in anxiety levels: ES = -6.93 through the K10 after concurrent training [61]; ES = -2.06 through the PMSIS on both the group that received strength training on the vibration platform and the group that performed conventional strength training [62]; ES = -1.04 through the CMAS for the group undergoing concurrent training [56]; and ES = 1.15 and ES = 1.06 through the STAI for trait and state, respectively, in a group that carried out concurrent training [63]. However, the research of Costigan et al. [61] presented a higher ES (-6.93) than the rest. On the other hand, one of these seven studies showed no effect after strength and concurrent training on anxiety levels measured by the CMAS (ES = 1.45) [63].

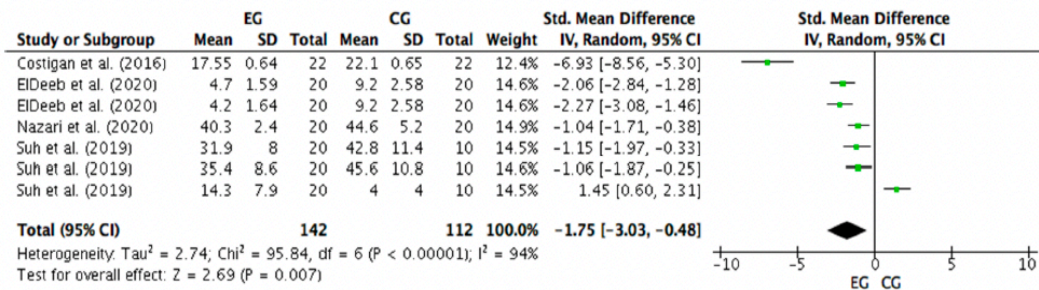


Figure 5. Forest plot comparing the effects of training with different modes of strength intervention on anxiety levels. EG: experimental group; CG: control group; SD: standard deviations.

3.2.2. Effects of Training with Different Modes of Strength Intervention on Depression Levels

Six studies were considered for this analysis [57,58,60–63]. However, ElDeeb et al. [62] included two different pieces of training for strength intervention, one on a vibrating platform and another conventional strength training in the research design. Thus, for the meta-analysis, ElDeeb et al.'s [62] study was considered as two independent training protocols. Goldfield et al. [58] used two different pieces of training for strength intervention, one conventional strength training, and another concurrent training that combined aerobic and strength exercises. Thus, the study by Goldfield et al. [58] was also considered as two independent training protocols. On the other hand, Suh et al. [63] included two depression questionnaires in the research with different results. Thus, Suh et al.'s [63] study was considered as two independent designs for the meta-analysis. Therefore, nine studies were considered in the meta-analysis that calculated the effects of training with different modes of strength intervention on depression levels. Figure 6 shows that training with different modes of strength intervention have a large and significant effect on the anxiety level (SMD = -1.61; CI = 95%: -2.54, -0.67; $p = 0.0007$). The meta-analysis showed high heterogeneity among the studies reviewed ($I^2 = 95\%$; $p = 0.00001$). Of the nine studies analyzed, eight of them reported a beneficial effect of training with different modes of strength intervention on depression levels [57,58,60–63]. Of these eight studies, five showed a large ES in the levels of depression. They measured ES = -6.93 through K10 [61]; ES = -2.15 and ES = -2.51 through the PMSIS in a group that received strength training on a vibrating platform,

and the group that performed conventional strength training [62]; ES = -2.49 through the Brunel Mood Scale (BRUMS) for the group undergoing conventional strength training [58]; and ES = -1.25 through the BDI [63]. However, research by Costigan et al. [61] presented a higher ES (-6.93) over the rest. On the other hand, one study showed a moderate ES (-0.55) through the Child and Adolescent Depression Inventory (DIKJ) after strength training on the vibration platform [60]. A study had a small ES (-0.25) in depression through the BRUMS for the group undergoing concurrent training [58]. Finally, out of the eight studies that reported beneficial effects on depression levels after strength training and concurrent intervention, only one obtained a trivial ES (-0.19) in depression through the Children's Depression Inventory 2nd Version (CDI-2), following concurrent training [57]. On the other hand, a study that measured depression through the CDI showed no effect after the conventional strength training intervention (ES = 0.62) [63].

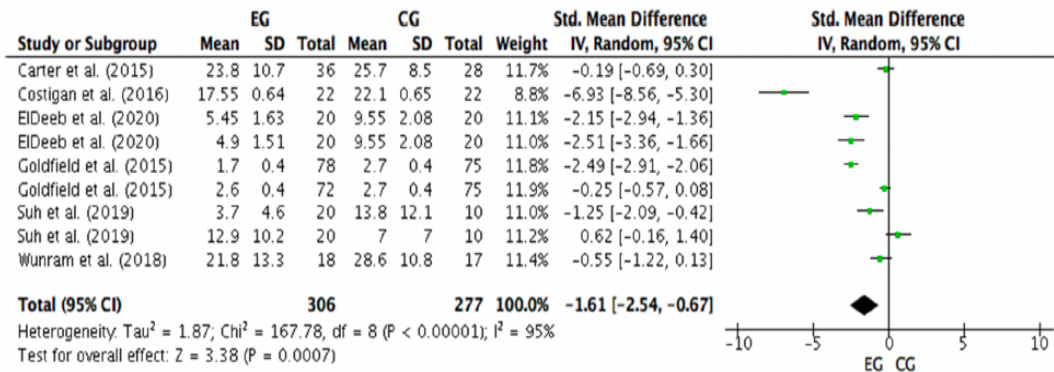


Figure 6. Forest Plot comparing the effects of training with different modes of strength intervention on depression levels. EG: experimental group; CG: control group; SD: standard deviations.

3.2.3. Effects of Concurrent Training on Depression

Four studies were considered for this analysis [57,58,61,63]. However, Suh et al. [63] included two depression questionnaires in the research with different results. Thus, Suh et al.'s [63] study was considered as two independent designs for the meta-analysis. Therefore, five studies were considered in the meta-analysis that calculated the effect of concurrent training on depression levels. Figure 7 shows that concurrent training generates a large and significant effect on the anxiety level (SMD = -1.33; CI = 95%: -2.55, -0.11; $p = 0.03$). The meta-analysis showed high heterogeneity among the studies reviewed ($I^2 = 95\%$; $p = 0.00001$). Out of the five studies analyzed, four of them reported a beneficial effect of concurrent training on depression levels [57,58,61,63]. Out of these four studies, two of them showed a large ES in levels of depression measured by the K10 (ES = -6.93) [61] and the CDI (ES = -1.25) [63]. However, the study by Costigan et al. [61] presented a higher ES (-6.93) above that of Suh et al. [63]. A study also showed a small ES (-0.25) through the BRUMS [58]. Finally, out of the four studies that reported beneficial effects on depression levels after the concurrent training intervention, only one obtained a trivial ES (-0.19) in depression through the CDI, following concurrent training [57]. On the other hand, a study that measured depression through the CDI showed no effect after the concurrent training intervention (ES = 0.62) [63].

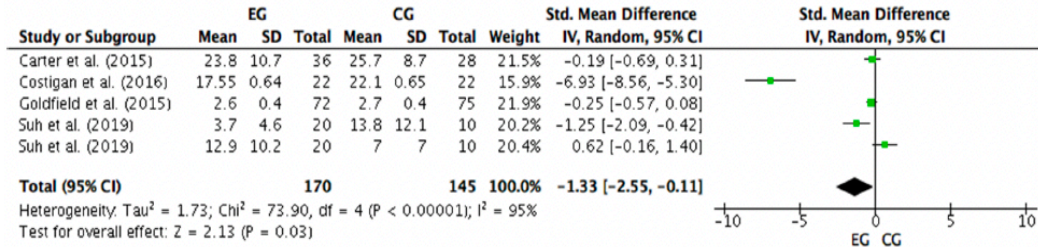


Figure 7. Forest plot comparing the effects of concurrent training on depression levels. EG: experimental group; CG: control group; SD: standard deviations.

3.2.4. Effects of Conventional and Vibration Platform Strength Training on Depression

Three studies were considered for this analysis [58,60,62]. However, ElDeeb et al. [62] included two different pieces of training for strength intervention, one conventional and another on a vibrating platform. Therefore, for the meta-analysis, ElDeeb et al.'s [62] study was considered as two independent training protocols. Therefore, four studies were considered in the meta-analysis that calculated the effect of strength training on depression levels. Figure 8 shows that strength training generates a large and significant effect on the level of depression ($SMD = -1.92$; $CI = 95\%: -2.86, -0.98$; $p = 0.0001$). The meta-analysis showed high heterogeneity among the studies reviewed ($I^2 = 88\%$; $p = 0.0001$). The four studies analyzed declared a beneficial effect of strength training on depression levels [58,60,62]. Out of these four studies, three showed a large ES in the levels of depression. The ES was measured through the PMSIS in both the group that received vibration platform strength training ($ES = -2.15$) and the group that performed conventional strength training ($ES = -2.51$) [62], and through the BRUMS in the group that underwent conventional strength training ($ES = -2.49$) [58]. A study also showed moderate ES through the DIKJ after strength training on the vibration platform ($ES = -0.55$) [60].

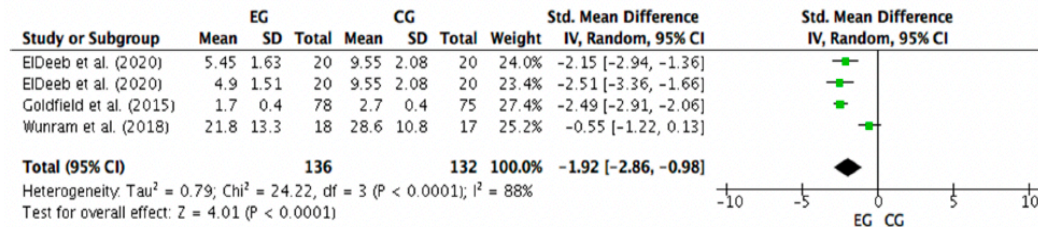


Figure 8. Forest plot comparing the effects of conventional and vibration platform strength training on depression levels. EG: experimental group; CG: control group; SD: standard deviations.

4. Discussion

Regarding the studies included in the systematic review and meta-analysis, the results showed that concurrent training [56–58,61,63], conventional strength training [58,59,62], vibration platform strength training [60,62], and strength training through Crossfit™ Teens [64] had been used to control or decrease the levels of anxiety and depression. Thus, it was possible to demonstrate that physical exercise, through strength training independent of its modality, produces decreases in the levels of anxiety ($ES = -1.75$) and depression ($ES = -1.61$) in 448 adolescent subjects (142 and 306, respectively). Other meta-analyses indicated a small to moderate effect for anxiety [24] and depression [66]. These studies in the adult population determined the effects of strength training on anxiety and depression [24,66]. However they included only randomized controlled studies and excluded those studies that combined strength training with another modality, such as

concurrent training and vibration platform strength training [24,66]. This differs from our meta-analysis, which showed a large effect after the training with different modes of strength intervention on anxiety and depression levels in the adolescent population. These differences may be a product of the level of neuroplasticity that exists in adolescents over adults [67], which would allow further modeling of brain development [22] and therefore provide more encouraging benefits for adolescent mental health [67].

4.1. Physical Performance and Psychosocial Disorders of Anxiety, Stress, and Depression

At the end of this systematic review, the only physical performance effects reported and associated with strength training were maximum strength and maximum oxygen consumption. However, only three studies evaluated these variables [59,60,63], and only two of these studies showed an increase in physical performance for the groups undergoing strength training [59,63]. In this sense, Gordon et al. [59] intervened in a group with AT and another with ST, showing a decrease in depression variables in both groups. However, the same authors showed an increase ($p = 0.05$) in push-up for the ST group as opposed to the AT group ($p > 0.05$). Likewise, there is evidence that physical exercise through strength training produces different physiological adaptations, such as increased muscle mass, muscle strength, and muscle power [32,33]. These three concepts together are strongly associated with muscle quality [36], which refers to the ability of skeletal muscles to perform several functions effectively, including force production, contraction and relaxation, metabolism, substrate turnover and storage, heat generation, myokine production, and electrical conduction [36]. In this context, the literature has described that low muscle strength levels may reflect weak muscle quality [35], while high muscle quality can help prevent chronic disease [37]. It has also been associated that adolescents who present some chronic diseases have a higher level of anxiety and depressive symptoms [68]. Thus, a possible association between muscle strength and quality with psychosocial disorders could be increased hippocampus and some markers' activation. However, this has not been established; so far, it would only be speculation.

4.2. Effects of Different Methods of Strength Training Associated with Psychosocial Disorders of Anxiety, Stress, and Depression

Specifically, strength training through a concurrent method has been the most used to mitigate or decrease anxiety and depression in adolescents [56–58,61,63]. In this sense, Wegner et al. [15] showed that the meta-analyses that have studied the effect of physical exercise on depression are mainly studies involving aerobic exercise and not strength training. In this sense, the evidence indicates that aerobic exercise is a favorable alternative for reducing anxiety and depression in children and adolescents [15]. However, the ES (>0.8) obtained in the present meta-analysis suggests that strength training, regardless of its modality, is a good alternative for controlling psychosocial disorders in adolescents [54]. This meta-analysis has shown that both strength training—conventional and through a concurrent—methods present a large ES in the levels of depression. When performing a subdivision of the training methods and determining their effects on depression, concurrent training evidence of an ES = 1.33 besides a strength training evidence of an ES = 1.92 may indicate more significant depression benefits through conventional strength training over concurrent training. The causes may be the possible physiological interferences that aerobic training would cause on the hypertrophy and muscular strength induced by strength training [69]. Scientific evidence shows that high levels of muscle hypertrophy and strength are stimulated by anabolic hormones such as growth hormone (GH) [70,71] and possibly by insulin-like growth factor-1 (IGF-1) [72]. In this context, it has been described that GH and IGF-1 would have a fundamental role in the growth and maintenance of the central nervous system and the peripheral nervous system [73]. However, other studies [74–76] have shown that high values of IGF-1 are associated with higher levels of depression. Likewise, a recent meta-analysis showed that higher levels of IGF-1 are found in aerobic exercise over strength training [77]. This background may partly explain why there are more significant benefits for depression

through conventional strength training than through concurrent and aerobic training. However, this history should be taken with caution because the role of IGF-1 is not conclusive for the treatment and diagnosis of depression [75,78]. On the other hand, due to the low amount of scientific information, we could not compare the effect of concurrent training and strength training on anxiety levels because there were more studies with concurrent training [56,61,63] over strength training [62].

4.3. Strength Training and Brain Development Associated with Psychosocial Disorders of Anxiety, Stress, and Depression

Simultaneously, the meta-analysis showed that strength training, regardless of its modality, presents no evidence of stress levels in adolescents [56–64]. In this sense, Nazari et al. [56] evaluated cortisol levels as a sign of stress [79]; however, in our meta-analysis, it has not been possible to establish this association as cortisol would not be a reliable measure in adolescents [67]. In connection with this, Wu et al. [67] concluded that perceived stress through questionnaires is a more sensitive indicator than cortisol measurement for reflecting emotional states and diagnosing stress levels in adolescents, mainly due to neuroplasticity developmental factors present in adolescents' brains [22,67]. Stress has also been associated with symptoms of anxiety and depression [80]. On the other hand, depression has been associated with stress and reduced hippocampus [81]. In this sense, some studies have found an association between a lower hippocampus volume with more significant depressive symptoms [19,21]. Moreover, the hippocampus volume is related to the severity of depressive symptoms and the duration of the illness [82]. Additionally, the literature has described that sedentary behavior may have the potential to negatively influence the brain structure of overweight or obese children [83]. In contrast, physical exercise may have important implications for brain development [16] and, therefore, in psychosocial disorders [23]. Thus, in a study by Feter et al. [84], brain adaptations were evidenced by the increase of the hippocampus volume due to physical exercise. Moreover, there are indications that strength training can generate positive responses in the volume of the hippocampus and an increase in the concentration of IGF-1, which could play an essential role in the creation and protection of neurons [85,86], thus favoring a possible control of psychosocial disorders [23]. However, recently Troyan and Levada [76] showed that patients diagnosed with depressive disorders had higher levels of IGF-1, but lower levels of brain-derived neurotrophic factor (BDNF). Similarly, research conducted on subjects who had died by suicide showed a decrease in BDNF mRNA expression compared to control subjects [87]. At the same time, there is evidence to suggest that antidepressant medications, exercise, and strength training can increase BDNF [88–91], and therefore, the volume of the hippocampus [92] associated with a decrease in psychosocial disorders [19,21]. However, studies on the effects of BDNF and other mediators on brain plasticity [93], protection of the hippocampus, and plausible neurobiological adaptations to strength training are lacking [24,84], as well as the role that IGF-1 would have on psychosocial parameters [74–76,85,86] since IGF-1 remains ambiguous for the treatment and diagnosis of depression [75,78] over other markers [94]. Unfortunately, it has not been possible for the meta-analysis to prove these associations between brain and strength training reliably. Despite this, we believe and support the recent research by Gorham et al. [23], who explained that a reduction in psychosocial disorders associated with sports participation may be related to a neural mechanism, because physical exercise would cause an increase in the volume of the hippocampus. However, like these authors [23], we believe that more research is needed to understand the causal relationships between these variables.

5. Conclusions

There are indications that different modes of strength intervention are a suitable methodology for controlling anxiety and depression levels in adolescents. Specifically, our meta-analysis indicates that conventional strength training has better benefits than other modes of strength intervention. However, this field has not been investigated in-depth, thus further experimental studies focusing on strength training to control or mitigate anxiety, stress, and depression levels in the adolescent population are needed. This will allow new public policies and programs to assess, control, and mitigate psychosocial disorders through training that features different modes of strength intervention.

Author Contributions: Conceptualization, G.B.-F. and Á.H.O.; methodology, G.B.-F. and Á.H.O.; formal analysis, G.B.-F., Á.H.O. and L.C.-R.; writing—original draft preparation G.B.-F. and Á.H.O.; writing—review and editing, G.B.-F., Á.H.O. and L.C.-R.; visualization, G.B.-F., Á.H.O. and L.C.-R.; supervision, G.B.-F., Á.H.O. and L.C.-R. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: Not applicable.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: Not applicable.

Acknowledgments: This paper will be part of Guillermo Barahona-Fuentes Doctoral Thesis performed in the Biomedicine Doctorate Program of the University of Granada, Spain.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Crempien, C.; De La Parra, G.; Grez, M.; Valdés, C.; López, M.J.; Krause, M. Características sociodemográficas y clínicas de pacientes diagnosticados con depresión en Centros Comunitarios de Salud Mental (COSAM) de Santiago, Chile. *Rev. Chil. Neuro-Psiquiatr.* **2017**, *55*, 26–35. [\[CrossRef\]](#)
2. Spielberger, C.D. *State-Trait Anxiety Inventory: Bibliography*; Consulting Psychologists Press: Santa Clara, CA, USA, 1989.
3. Kent, M. *Diccionario Oxford de Medicina y Ciencias del Deporte*, 2nd ed.; Editorial Paidotribo: Barcelona, Spain, 2003.
4. Assoc, A.P. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*, 5th ed.; American Psychiatric Association: Washington, DC, USA, 2013; Volume 21.
5. Othman, N.; Ahmad, F.; El Morr, C.; Ritvo, P. Perceived impact of contextual determinants on depression, anxiety and stress: A survey with university students. *Int. J. Ment. Health Syst.* **2019**, *13*, 1–9. [\[CrossRef\]](#)
6. Barahona-Fuentes, G.D.; Lagos, R.S.; Ojeda, Á.C.H. The influence of self-talk on levels of stress and anxiety in tennis players: A systematic review. *Rev. Bras. Cienc. Esporte* **2019**, *41*, 135–141. [\[CrossRef\]](#)
7. Huerta, Á.; Barahona-Fuentes, G.; Galdames, S.; Cáceres, P.; Ortiz, P. Efectos de un programa de Zumba® sobre niveles de ansiedad-rasgo, ansiedad-estado y condición física en estudiantes universitarias chilenas. *Cuad. Psicol. Deport.* **2020**, *20*, 1–14. [\[CrossRef\]](#)
8. Nguyen, D.T.; Dedding, C.; Pham, T.T.; Wright, P.; Bunders, J. Depression, anxiety, and suicidal ideation among Vietnamese secondary school students and proposed solutions: A cross-sectional study. *BMC Public Health* **2013**, *13*, 195. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
9. Pugh, N.E.; Hadjistavropoulos, H.D. Is anxiety about health associated with desire to exercise, physical activity, and exercise dependence? *Personal. Individ. Differ.* **2011**, *51*, 1059–1062. [\[CrossRef\]](#)
10. Gerber, M.; Brand, S.; Elliot, C.; Holsboer-Trachsler, E.; Pühse, U. Aerobic exercise, ball sports, dancing, and weight lifting as moderators of the relationship between stress and depressive symptoms: An exploratory cross-sectional study with Swiss university students. *Percept. Mot. Ski.* **2014**, *119*, 679–697. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
11. Ortega, F.B.; Ruiz, J.R.; Castillo, M.J.; Sjöström, M. Physical fitness in childhood and adolescence: A powerful marker of health. *Int. J. Obes.* **2008**, *32*, 1–11. [\[CrossRef\]](#)
12. Ensari, I.; Greenlee, T.A.; Motl, R.W.; Petruzzello, S.J. Meta-analysis of acute exercise effects on state anxiety: An update of randomized controlled trials over the past 25 years. *Depress. Anxiety* **2015**, *32*, 624–634. [\[CrossRef\]](#)
13. Stonerock, G.L.; Hoffman, B.M.; Smith, P.J.; Blumenthal, J.A. Exercise as Treatment for Anxiety: Systematic Review and Analysis. *Ann. Behav. Med.* **2015**, *49*, 542–556. [\[CrossRef\]](#)
14. Stubbs, B.; Vancampfort, D.; Rosenbaum, S.; Firth, J.; Cosco, T.; Veronese, N.; Salum, G.A.; Schuch, F.B. An examination of the anxiolytic effects of exercise for people with anxiety and stress-related disorders: A meta-analysis. *Psychiatry Res.* **2017**, *249*, 102–108. [\[CrossRef\]](#)

15. Wegner, M.; Amatriain-Fernández, S.; Kaulitzky, A.; Murillo-Rodríguez, E.; Machado, S.; Budde, H. Systematic Review of Meta-Analyses: Exercise Effects on Depression in Children and Adolescents. *Front. Psychiatry* 2020, 11, 1–12. [\[CrossRef\]](#)
16. Wittfeld, K.; Jochem, C.; Dörr, M.; Schminke, U.; Gläser, S.; Bahls, M.; Markus, M.R.P.; Felix, S.B.; Leitzmann, M.F.; Ewert, R.; et al. Cardiorespiratory Fitness and Gray Matter Volume in the Temporal, Frontal, and Cerebellar Regions in the General Population. *Mayo Clin. Proc.* 2020, 95, 44–56. [\[CrossRef\]](#)
17. Herting, M.M.; Keenan, M.F. Exercise and the developing brain in children and adolescents. In *Physical Activity and the Aging Brain*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2017; pp. 13–19.
18. Chaddock, L.; Erickson, K.I.; Prakash, R.S.; Kim, J.S.; Voss, M.W.; VanPatter, M.; Pontifex, M.B.; Raine, L.B.; Konkel, A.; Hillman, C.H.; et al. A neuroimaging investigation of the association between aerobic fitness, hippocampal volume, and memory performance in preadolescent children. *Brain Res.* 2010, 1358, 172–183. [\[CrossRef\]](#)
19. McKinnon, M.C.; Yucel, K.; Nazarov, A.; MacQueen, G.M. A meta-analysis examining clinical predictors of hippocampal volume in patients with major depressive disorder. *J. Psychiatry Neurosci.* 2009, 34, 41–54.
20. Norbury, R.; Godlewska, B.; Cowen, P.J. When less is more: A functional magnetic resonance imaging study of verbal working memory in remitted depressed patients. *Psychol. Med.* 2014, 44, 1197–1203. [\[CrossRef\]](#)
21. Rao, U.; Chen, L.-A.; Bidesi, A.S.; Shad, M.U.; Thomas, M.A.; Hammen, C.L. Hippocampal changes associated with early-life adversity and vulnerability to depression. *Biol. Psychiatry* 2010, 67, 357–364. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
22. Suzuki, H.; Botteron, K.N.; Luby, J.L.; Belden, A.C.; Gaffrey, M.S.; Babb, C.M.; Nishino, T.; Miller, M.I.; Ratnanather, J.T.; Barch, D.M. Structural-functional correlations between hippocampal volume and cortico-limbic emotional responses in depressed children. *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.* 2013, 13, 135–151. [\[CrossRef\]](#)
23. Gorham, L.S.; Jernigan, T.; Hudziak, J.; Barch, D.M. Involvement in Sports, Hippocampal Volume, and Depressive Symptoms in Children. *Biol. Psychiatry Cogn. Neurosci. Neuroimaging* 2019, 4, 484–492. [\[CrossRef\]](#)
24. Gordon, B.R.; McDowell, C.P.; Lyons, M.; Herring, M.P. The Effects of Resistance Exercise Training on Anxiety: A Meta-Analysis and Meta-Regression Analysis of Randomized Controlled Trials. *Sports. Med.* 2017, 47, 2521–2532. [\[CrossRef\]](#)
25. Winett, R.A.; Carpinelli, R.N. Potential health-related benefits of resistance training. *Prev. Med.* 2001, 33, 503–513. [\[CrossRef\]](#)
26. Dias, C.P.; Toscan, R.; de Camargo, M.; Pereira, E.P.; Griebler, N.; Baroni, B.M.; Tiggemann, C.L. Effects of eccentric-focused and conventional resistance training on strength and functional capacity of older adults. *AGE* 2015, 37, 1–8. [\[CrossRef\]](#)
27. Wilson, J.M.; Marin, P.J.; Rhea, M.R.; Wilson, S.M.C.; Loenneke, J.P.; Anderson, J.C. Concurrent training: A meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *J. Strength Cond. Res.* 2012, 26, 2293–2307. [\[CrossRef\]](#)
28. Nordlund, M.M.; Thorstensson, A. Strength training effects of whole-body vibration? *Scand. J. Med. Sci. Sports* 2007, 17, 12–17. [\[CrossRef\]](#)
29. Butcher, S.J.; Neyedly, T.J.; Horvey, K.J.; Benko, C.R. Do physiological measures predict selected CrossFit® benchmark performance? *Open Access J. Sports. Med.* 2015, 6, 241. [\[CrossRef\]](#)
30. de Hoyo, M.; Gonzalo-Skok, O.; Sañudo, B.; Carrascal, C.; Plaza-Armas, J.R.; Camacho-Candil, F.; Otero-Esquina, C. Comparative effects of in-season full-back squat, resisted sprint training, and plyometric training on explosive performance in U-19 elite soccer players. *J. Strength Cond. Res.* 2016, 30, 368–377. [\[CrossRef\]](#)
31. Barahona-Fuentes, G.D.; Ojeda, Á.H.; Jerez-Mayorga, D. Effects of different methods of strength training on indicators of muscle fatigue during and after strength training: A systematic review. *Mot. Rev. Educ. Física* 2020, 26. [\[CrossRef\]](#)
32. Ojeda, Á.H.; Chiroso, L.J.; Barrilao, R.G.; Rios, I.J.C.; Serrano, P.A.C. Efecto de la resistencia variable sobre la potenciación post activación: Una revisión sistemática. *Arch. Med. Deporte Rev. Fed. Española Med. Deporte Confed. Iberoam. Med. Deporte* 2016, 33, 338–345.
33. Barahona-Fuentes, G.D.F.; Huerta Ojeda, Á.; Galdames Maliqueo, S.A. Influencia de la pliometría basada en un Entrenamiento Intervalado de Alta Intensidad sobre la altura de salto y pico de potencia en futbolistas Sub-17. *Educ. Física Y Cienc.* 2019, 21, e080. [\[CrossRef\]](#)
34. Sabido, R.; Peñaranda, M.; Hernández-Davó, J.L. Comparison of Acute Responses to Four Different Hypertrophy-Oriented Resistance Training Methodologies. *Eur. J. Hum. Mov.* 2016, 37, 109–121.
35. Barbat-Artigas, S.; Rolland, Y.; Zamboni, M.; Aubertin-Leheudre, M. How to assess functional status: A new muscle quality index. *J. Nutr. Health Aging* 2012, 16, 67–77. [\[CrossRef\]](#)
36. Fragala, M.S.; Kenny, A.M.; Kuchel, G.A. Muscle Quality in Aging: A Multi-Dimensional Approach to Muscle Functioning with Applications for Treatment. *Sports Med.* 2015, 45, 641–658. [\[CrossRef\]](#)
37. Wolfe, R.R. The underappreciated role of muscle in health and disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 2006, 84, 475–482. [\[CrossRef\]](#)
38. Peterson, M.D.; Liu, D.; Gordish-Dressman, H.; Hubal, M.J.; Pistilli, E.; Angelopoulos, T.J.; Clarkson, P.M.; Moyna, N.M.; Pescatello, L.S.; Seip, R.L.; et al. Adiposity attenuates muscle quality and the adaptive response to resistance exercise in non-obese, healthy adults. *Int. J. Obes.* 2011, 35, 1095–1103. [\[CrossRef\]](#)
39. Fabbri, E.; Chiles Shaffer, N.; Gonzalez-Freire, M.; Shardell, M.D.; Zoli, M.; Studenski, S.A.; Ferrucci, L. Early body composition, but not body mass, is associated with future accelerated decline in muscle quality. *J. Cachex Sarcopenia Muscle* 2017, 8, 490–499. [\[CrossRef\]](#)
40. Page, M.J.; McKenzie, J.E.; Bossuyt, P.M.; Boutron, I.; Hoffmann, T.C.; Mulrow, C.D.; Shamseer, L.; Tetzlaff, J.M.; Akl, E.A.; Brennan, S.E.; et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021, 372, n71. [\[CrossRef\]](#)

41. Waddington, H.; Masset, E.; Jimenez, E. What have we learned after ten years of systematic reviews in international development? *J. Dev. Eff.* 2018, 10, 1–16. [\[CrossRef\]](#)
42. da Silva, F.C.; Iop, R.d.R.; de Oliveira, L.C.; Boll, A.M.; de Alvarenga, J.G.S.; Gutierrez Filho, P.J.B.; de Melo, L.M.A.B.; Xavier, A.J.; da Silva, R. Effects of physical exercise programs on cognitive function in Parkinson's disease patients: A systematic review of randomized controlled trials of the last 10 years. *PLoS ONE* 2018, 13, e0193113.
43. Beck, A.T.; Ward, C.H.; Mendelson, M.; Mock, J.; Erbaugh, J. An inventory for measuring depression. *Arch. Gen. Psychiatry* 1961, 4, 561–571. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
44. Kovacs, M. *Children's Depression Inventory: Manual*; Multi-Health Systems: North Tonawanda, NY, USA, 1992.
45. Terry, P.C.; Lane, A.M.; Fogarty, G.J. Construct validity of the Profile of Mood States—Adolescents for use with adults. *Psychol. Sport Exerc.* 2003, 4, 125–139. [\[CrossRef\]](#)
46. Wallenstein, G.V.; Blaisdell-Gross, B.; Gajria, K.; Guo, A.; Hagan, M.; Kornstein, S.G.; Yonkers, K.A. Development and validation of the Premenstrual Symptoms Impact Survey (PMSIS): A disease-specific quality of life assessment tool. *J. Women's Health* 2008, 17, 439–450. [\[CrossRef\]](#)
47. Spielberger, C.D.; Vagg, P.R. Psychometric properties of the STAI: A reply to Ramanaiah, Franzen, and Schill. *J. Personal. Assess.* 1984, 48, 95–97. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
48. Reynolds, C.R.; Richmond, B.O. What I think and feel: A revised measure of children's manifest anxiety. *J. Abnorm. Child Psychol.* 1978, 6, 271–280. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
49. Andrews, G.; Slade, T. Interpreting scores on the Kessler psychological distress scale (K10). *Aust. N. Z. J. Public Health* 2001, 25, 494–497. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
50. Muris, P.; Meesters, C.; Fijen, P. The self-perception profile for children: Further evidence for its factor structure, reliability, and validity. *Personal. Individ. Differ.* 2003, 35, 1791–1802. [\[CrossRef\]](#)
51. Egger, M.; Smith, G.D.; Schneider, M.; Minder, C. Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *Br. Med. J.* 1997, 315, 629. [\[CrossRef\]](#)
52. Higgins, J.P.T.; Thomas, J.; Chandler, J.; Cumpston, M.; Li, T.; Page, M.J.; Welch, V.A. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2019.
53. Hedges, L.V. Distribution theory for Glass's estimator of effect size and related estimators. *J. Educ. Stat.* 1981, 6, 107–128. [\[CrossRef\]](#)
54. Cohen, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2013; ISBN 1483276481.
55. Higgins, J.; Thompson, S.; Deeks, J.; Altman, D. Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ* 2003, 327, 557–560. [\[CrossRef\]](#)
56. Nazari, M.; Shabani, R.; Dalili, S. The effect of concurrent resistance-aerobic training on serum cortisol level, anxiety, and quality of life in pediatric type 1 diabetes. *J. Pediatr. Endocrinol. Metab.* 2020, 33, 599–604. [\[CrossRef\]](#)
57. Carter, T.; Guo, B.; Turner, D.; Morris, I.; Khalil, E.; Brighton, E.; Armstrong, M.; Callaghan, P. Preferred intensity exercise for adolescents receiving treatment for depression: A pragmatic randomised controlled trial. *BMC Psychiatry* 2015, 15, 1–12. [\[CrossRef\]](#)
58. Goldfield, G.S.; Alberga, A.S.; Hadjiyannakis, S.; Phillips, P.; Malcolm, J.; Wells, G.A.; Kenny, G.P.; Prud'homme, D.; Gougeon, R.; Tulloch, H.; et al. Effects of Aerobic Training, Resistance Training, or Both on Psychological Health in Adolescents with Obesity: The HEARTY Randomized Controlled Trial. *J. Consult. Clin. Psychol.* 2015, 83, 1123–1135. [\[CrossRef\]](#)
59. Gordon, B.A.; Knapman, L.M.; Lubitz, L. Graduated exercise training and progressive resistance training in adolescents with chronic fatigue syndrome: A randomized controlled pilot study. *Clin. Rehabil.* 2010, 24, 1072–1079. [\[CrossRef\]](#)
60. Wunram, H.L.; Hamacher, S.; Hellmich, M.; Volk, M.; Jänicke, F.; Reinhard, F.; Bloch, W.; Zimmer, P.; Graf, C.; Schönaue, E.; et al. Whole body vibration added to treatment as usual is effective in adolescents with depression: A partly randomized, three-armed clinical trial in inpatients. *Eur. Child Adolesc. Psychiatry* 2018, 27, 645–662. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
61. Costigan, S.A.; Eather, N.; Plotnikoff, R.C.; Hillman, C.H.; Lubans, D.R. High-Intensity Interval Training for Cognitive and Mental Health in Adolescents. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2016, 48, 1985–1993. [\[CrossRef\]](#)
62. ElDeeb, A.; Atta, H.; Osman, D. Effect of whole body vibration versus resistive exercise on premenstrual symptoms in adolescents with premenstrual syndrome. *Bull. Fac. Phys. Ther.* 2020, 25, 1–6. [\[CrossRef\]](#)
63. Suh, J.; Choi, H.S.; Kwon, A.; Chae, H.W.; Eom, S.; Kim, H.S. Once-weekly supervised combined training improves neurocognitive and psychobehavioral outcomes in young patients with type 1 diabetes mellitus. *J. Pediatr. Endocrinol. Metab.* 2019, 32, 1341–1350. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
64. Eather, N.; Morgan, P.J.; Lubans, D.R. Effects of exercise on mental health outcomes in adolescents: Findings from the CrossFit™ teens randomized controlled trial. *Psychol. Sport Exerc.* 2016, 26, 14–23. [\[CrossRef\]](#)
65. Goodman, R.; Meltzer, H.; Bailey, V. The Strengths and Difficulties Questionnaire: A pilot study on the validity of the self-report version. *Eur. Child Adolesc. Psychiatry* 1998, 7, 125–130. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
66. Carneiro, L.; Afonso, J.; Ramirez-Campillo, R.; Murawska-Ciałowicz, E.; Marques, A.; Clemente, F.M. The effects of exclusively resistance training-based supervised programs in people with depression: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020, 17, 6715. [\[CrossRef\]](#)
67. Wu, J.; Tong, H.; Liu, Z.; Tao, J.; Chen, L.; Chan, C.C.H.; Lee, T.M.C. Neurobiological effects of perceived stress are different between adolescents and middle-aged adults. *Brain Imaging Behav.* 2021, 15, 846–854. [\[CrossRef\]](#)

93. Müller, P.; Duderstadt, Y.; Lessmann, V.; Müller, N.G. Lactate and BDNF: Key Mediators of Exercise Induced Neuroplasticity? *J. Clin. Med.* **2020**, *9*, 1136. [\[CrossRef\]](#)
94. Scarr, E.; Millan, M.J.; Bahn, S.; Bertolino, A.; Turck, C.W.; Kapur, S.; Möller, H.-J.; Dean, B. Biomarkers for psychiatry: The journey from fantasy to fact, a report of the 2013 CINP think tank. *Int. J. Neuropsychopharmacol.* **2015**, *18*, pyv042. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
68. Lacomba-Trejo, L.; Valero-Moreno, S.; Montoya-Castilla, I.; Pérez-Marín, M. Psychosocial Factors and Chronic Illness as Predictors for Anxiety and Depression in Adolescence. *Front. Psychol.* **2020**, *11*, 2529. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
69. Coffey, V.G.; Hawley, J.A. Concurrent exercise training: Do opposites distract? *J. Physiol.* **2017**, *595*, 2883–2896. [\[CrossRef\]](#)
70. Kraemer, W.J.; Ratamess, N.A.; Nindl, B.C. Recovery responses of testosterone, growth hormone, and IGF-1 after resistance exercise. *J. Appl. Physiol.* **2017**, *122*, 549–558. [\[CrossRef\]](#)
71. Schoenfeld, B.J. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *J. Strength Cond. Res.* **2010**, *24*, 2857–2872. [\[CrossRef\]](#)
72. Wackerhage, H.; Schoenfeld, B.J.; Hamilton, D.L.; Lehti, M.; Hulmi, J.J. Stimuli and sensors that initiate skeletal muscle hypertrophy following resistance exercise. *J. Appl. Physiol.* **2019**, *126*, 30–43. [\[CrossRef\]](#)
73. Bianchi, V.E.; Locatelli, V.; Rizzi, L. Neurotrophic and neuroregenerative effects of GH/IGF1. *Int. J. Mol. Sci.* **2017**, *18*, 2441. [\[CrossRef\]](#)
74. Levada, O.A.; Troyan, A.S.; Pinchuk, I.Y. Serum insulin-like growth factor-1 as a potential marker for MDD diagnosis, its clinical characteristics, and treatment efficacy validation: Data from an open-label vortioxetine study. *BMC Psychiatry* **2020**, *20*, 1–10. [\[CrossRef\]](#)
75. Sharma, A.N.; Soares, J.C.; Carvalho, A.F.; Quevedo, J. Role of trophic factors GDNF, IGF-1 and VEGF in major depressive disorder: A comprehensive review of human studies. *J. Affect. Disord.* **2016**, *197*, 9–20. [\[CrossRef\]](#)
76. Troyan, A.S.; Levada, O.A. The Diagnostic Value of the Combination of Serum Brain-Derived Neurotrophic Factor and Insulin-Like Growth Factor-1 for Major Depressive Disorder Diagnosis and Treatment Efficacy. *Front. Psychiatry* **2020**, *11*, 800. [\[CrossRef\]](#)
77. de Alcantara Borba, D.; da Silva Alves, E.; Rosa, J.P.P.; Facundo, L.A.; Costa, C.M.A.; Silva, A.C.; Narciso, F.V.; Silva, A.; de Mello, M.T. Can IGF-1 Serum Levels Really be Changed by Acute Physical Exercise? A Systematic Review and Meta-Analysis. *J. Phys. Act. Health* **2020**, *17*, 575–584. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
78. Carvalho, A.F.; Köhler, C.A.; McIntyre, R.S.; Knöchel, C.; Brunoni, A.R.; Thase, M.E.; Quevedo, J.; Fernandes, B.S.; Berk, M. Peripheral vascular endothelial growth factor as a novel depression biomarker: A meta-analysis. *Psychoneuroendocrinology* **2015**, *62*, 18–26. [\[CrossRef\]](#)
79. Smyth, J.; Ockenfels, M.C.; Porter, L.; Kirschbaum, C.; Hellhammer, D.H.; Stone, A.A. Stressors and mood measured on a momentary basis are associated with salivary cortisol secretion. *Psychoneuroendocrinology* **1998**, *23*, 353–370. [\[CrossRef\]](#)
80. Fiksdal, A.; Hanlin, L.; Kuras, Y.; Gianferante, D.; Chen, X.; Thoma, M.V.; Rohleder, N. Associations between symptoms of depression and anxiety and cortisol responses to and recovery from acute stress. *Psychoneuroendocrinology* **2019**, *102*, 44–52. [\[CrossRef\]](#)
81. Burke, H.M.; Davis, M.C.; Otte, C.; Mohr, D.C. Depression and cortisol responses to psychological stress: A meta-analysis. *Psychoneuroendocrinology* **2005**, *30*, 846–856. [\[CrossRef\]](#)
82. Cheng, Y.; Xu, J.; Chai, P.; Li, H.; Luo, C.; Yang, T.; Li, L.; Shan, B.; Xu, X.; Xu, L. Brain volume alteration and the correlations with the clinical characteristics in drug-naïve first-episode MDD patients: A voxel-based morphometry study. *Neurosci. Lett.* **2010**, *480*, 30–34. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
83. Zavala-Crichton, J.P.; Esteban-Cornejo, I.; Solis-Urra, P.; Mora-Gonzalez, J.; Cadenas-Sanchez, C.; Rodriguez-Ayllon, M.; Migueles, J.H.; Molina-Garcia, P.; Verdejo-Roman, J.; Kramer, A.F.; et al. Association of Sedentary Behavior with Brain Structure and Intelligence in Children with Overweight or Obesity: The ActiveBrains Project. *J. Clin. Med.* **2020**, *9*, 1101. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
84. Feter, N.; Penny, J.C.; Freitas, M.P.; Rombaldi, A.J. Effect of physical exercise on hippocampal volume in adults: Systematic review and meta-analysis. *Sci. Sports* **2018**, *33*, 327–338. [\[CrossRef\]](#)
85. Morel, G.R.; León, M.L.; Uriarte, M.; Reggiani, P.C.; Goya, R.G. Therapeutic potential of IGF-I on hippocampal neurogenesis and function during aging. *Neurogenesis* **2017**, *4*, e1259709. [\[CrossRef\]](#)
86. Nieto-Estévez, V.; Deffertali, C.; Vicario-Abejón, C. IGF-I: A key growth factor that regulates neurogenesis and synaptogenesis from embryonic to adult stages of the brain. *Front. Neurosci.* **2016**, *10*, 52. [\[CrossRef\]](#)
87. Dwivedi, Y.; Rizavi, H.S.; Conley, R.R.; Roberts, R.C.; Tamminga, C.A.; Pandey, G.N. Altered gene expression of brain-derived neurotrophic factor and receptor tyrosine kinase B in postmortem brain of suicide subjects. *Arch. Gen. Psychiatry* **2003**, *60*, 804–815. [\[CrossRef\]](#)
88. Azevedo, K.P.M.; de Oliveira, V.H.; Medeiros, G.C.B.S.; Mata, Á.N.d.S.; Garcia, D.Á.; Martinez, D.G.; Leitão, J.C.; Knackfuss, M.I.; Piuvezam, G. The Effects of Exercise on BDNF Levels in Adolescents: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 6056. [\[CrossRef\]](#)
89. Hung, C.-L.; Tseng, J.-W.; Chao, H.-H.; Hung, T.-M.; Wang, H.-S. Effect of acute exercise mode on serum brain-derived neurotrophic factor (BDNF) and task switching performance. *J. Clin. Med.* **2018**, *7*, 301. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
90. Marinus, N.; Hansen, D.; Feys, P.; Meesen, R.; Timmermans, A.; Spildooren, J. The Impact of Different Types of Exercise Training on Peripheral Blood Brain-Derived Neurotrophic Factor Concentrations in Older Adults: A Meta-Analysis. *Sports Med.* **2019**, *49*, 1529–1546. [\[CrossRef\]](#)
91. Polyakova, M.; Stuke, K.; Schuemberg, K.; Mueller, K.; Schoenknecht, P.; Schroeter, M.L. BDNF as a biomarker for successful treatment of mood disorders: A systematic & quantitative meta-analysis. *J. Affect. Disord.* **2015**, *174*, 432–440. [\[PubMed\]](#)
92. Erickson, K.I.; Miller, D.L.; Roeklein, K.A. The aging hippocampus: Interactions between exercise, depression, and BDNF. *Neuroscience* **2012**, *18*, 82–97. [\[CrossRef\]](#)

Estudio 2:

ABSTRACT

A good muscle quality index (MQI) may have an inverse relationship with psychosocial variables of depression, anxiety, and stress in adolescents. Unfortunately, little scientific evidence has related MQI to psychosocial variables in this population. Therefore, this research aimed to determine the relationship between the MQI and psychosocial variables of depression, anxiety, and stress in Chilean adolescents. In this quantitative correlational design study, sixty adolescents participated voluntarily (mean $\pm$ standard deviation [SD]: age 15.11 ± 1.78 years). Anthropometric parameters, prehensile strength, MQI, and psychosocial variables were evaluated. The results showed that adolescents with high levels of MQI presented lower levels of depression (7.50 ± 6.06 vs. 10.97 ± 5.94), anxiety (5.64 ± 4.81 vs. 9.66 ± 5.12), and stress (6.79 ± 5.09 vs. 10 ± 5.58), in addition to reported lower abdominal obesity (WtHR, 0.47 ± 0.07 vs. 0.52 ± 0.07) than those with low levels of MQI. The group with high levels of MQI reported a higher prevalence of nonanxiety (81.3%, $p = 0.031$) and a lower prevalence of abdominal obesity (55.8%, $p = 0.023$). Likewise, a significant inverse association was evidenced between MQI and depression (β ; -6.18, 95% CI; -10.11: -2.25, $p = 0.003$), anxiety (β ; -6.61, 95% CI; -9.83: -3.39, $p < 0.001$) and stress (β ; -4.90, 95% CI; -8.49: -1.32 $p = 0.008$). In conclusion, the results suggest that high levels of MQI are associated with a higher prevalence of nonanxiety in adolescents and a significant inverse association between MQI and levels of depression, anxiety, and stress.

INTRODUCTION

Currently, alterations in psychosocial variables such as depression, anxiety, and stress affect different segments of the population [1,2,3], causing a decrease in quality of life [3]. Likewise, it has been shown that people with psychosocial disorders have a 10–15 year decrease in life expectancy compared to the general population [4]. In this regard, it has been shown that high levels of anxiety, stress, and depression have occurred in adults, children, and adolescents [5]. It has been observed that most adults with psychosocial disorders begin their symptoms in childhood or adolescence [6]. Indeed, a recent meta-analysis showed that the first psychosocial

disorders appear in adolescence, shortly before the age of 14 [7]. Therefore, it is essential to detect and monitor any type of psychosocial disorder early in any population segment.

For the management and control of psychosocial variables, nonpharmacological methods have been used [8], medication [9], physical activity, and physical exercise [10]. The latter has become a determining factor in reducing depression, anxiety, and stress [11, 12]. An example is the study developed by Delgado-Floody et al. [13]. They associated depression with low levels of physical activity, high obesity, and dissatisfaction with body image in Chilean preadolescents. They concluded that schools should promote physical activity to improve psychological and physical health in preadolescents, which would reduce future mental illnesses. In this sense, scientific evidence shows that physical activity habits are strongly associated with mental well-being [14]. Indeed, a decrease in psychosocial variables experienced through the practice of physical activity and exercise would be mediated by the different types of adaptations that the organism would undergo [15], for example, brain development [15], which in turn would condition psychosocial variables [16] by decreasing depression, anxiety, and stress [15, 17]. When examining physical activity and exercise interventions, it has been documented that most treatments are based on aerobic exercise [17, 18]. Likewise, treatments and research relating strength development to psychosocial variables have been scarce [12, 19]. In this sense, a recent meta-analysis conducted by Barahona-Fuentes et al. [12] showed that good strength development, regardless of the methodology used, would allow control of anxiety and depression levels in adolescents. However, these same authors concluded that this field was not investigated in depth [12].

Indeed, a direct relationship between muscle strength and the muscle quality index (MQI) has been demonstrated, and it has been determined that a low level of strength will trigger a poor MQI [20,21,22]. Likewise, it has been shown that MQI is also influenced by high subcutaneous adipose tissue content and high-fat percentages, with an inverse relationship between MQI and fat tissue [23, 24]. In contrast, high levels of MQI play a fundamental role in preventing chronic diseases [25]. In this sense, Lee et al. [26] examined the relationship between insulin sensitivity and muscle quality in adolescents and found that muscle quality is strongly associated with insulin sensitivity.

In light of the challenges posed by psychosocial variables, exploring possible mitigating factors is imperative. One promising avenue of research is the role of physical health, particularly

the muscle quality index (MQI), as a potential countermeasure to the adverse effects of depression, anxiety, and stress in adolescents. However, despite the critical importance of this topic, there remains a lack of scientific research directly relating MQI in adolescents to psychosocial variables [12].

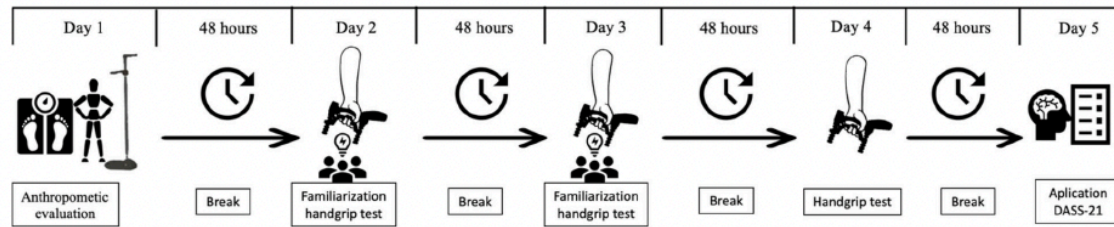
Therefore, this study aims to determine the intricate relationship between the MQI and psychosocial variables of depression, anxiety, and stress in the Chilean adolescent population. Our hypothesis postulates a significant inverse association between the MQI and the prevalence of depression, anxiety, and stress in adolescents. By exploring this relationship, we aim to expand the evidence on a critical aspect of adolescent mental health and contribute to the existing scientific knowledge on this topic.

MATERIALS AND METHODS

The following study was conducted in accordance with the Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) guidelines and recommendations [27, 28].

Research design and procedure

The study had a quantitative correlational design. To start the investigation, on April 4, 2022, an invitation was extended to two schools in the V region of Chile. However, because of the COVID-19 pandemic, only one agreed to take part in the investigation. On July 27, 2022, the school that wanted to participate had a total of 74 adolescent students. Of these, 14 did not want to be part of the study. Therefore, the sample consisted of 60 adolescents who voluntarily agreed to be part of the study. Convenience sampling was employed to recruit participants due to the practicality and accessibility of this method. Each participant attended the measurement center for five days at 48-h intervals. During the first visit, basic anthropometric evaluations were performed. The second and third days were intended to familiarize the participants with the prehensile strength test. On the fourth day, the prehensile strength test was evaluated. On the fifth day, psychosocial variables were assessed through the Depression Anxiety Stress Scales (DASS-21) (Fig.1). Likewise, they were asked not to perform physical activity during evaluation days to avoid a decrease in physical performance. All the tests proposed in the study were performed bilaterally, starting with the participants' dominant limb.



Participants
n = 60
Fig. 1 Study protocols

Participants

We used statistical software (G*Power, v3.1.9.7, Heinrich-Heine-Universität, Düsseldorf, Germany) to determine the appropriate sample size [29]. The combination of tests used in the statistical software to calculate the sample size was as follows: (a) χ^2 tests, (b) goodness-of-fit tests: Contingency tables y (c) a priori: Compute required sample size – given α , power, and effect size. Tests considered two tails, effect size $w = 0.47$, α -err prob = 0.05, power ($1 - \beta$ err prob) = 0.8, and $Df = 5$. The total sample size was 59 participants.

The sample consisted of 60 adolescents (26 females and 34 males) (mean $\pm$ standard deviation [SD]: age 15.11 ± 1.78 years). All participants had to meet the following inclusion criteria: being adolescents between the ages of 13 and 17 who were enrolled in the establishment that accepted the invitation to the study, subjects must not have performed regular strength training (≥ 3 days per week) during the last year, being free of skeletal muscle injuries in the upper extremities during the tests, reading and signing an informed assent form, and having their guardians read and sign an informed consent form. Those who did not meet these criteria were excluded from the study.

Ethics approval and consent to participate

The informed consent was obtained from all the participants and from the legal guardians of the participants who were below 17 years of age. The study was approved by the Scientific Ethics Committee of the Universidad de Las Américas (project ID CEC_FP_2021028). All methods were carried out in accordance with relevant guidelines and regulations [30].

Anthropometry

Height (cm) was evaluated through a stadiometer from the feet to the vertex (Frankford plane). Weight (kg) and fat percentage (%) were assessed using a Tanita Inner Scan BC-554® digital

scale. For weight, height, and fat percentage measurements, the adolescents were asked to wear shorts and a light T-shirt barefoot. BMI was determined by dividing kilograms of weight by the square of height in meters (kg/m^2). Waist circumference (WC) was measured using a Seca® tape measure model 201 (Hamburg, Germany) at the height of the umbilical scar [31]. The waist-to-height ratio (WtHR) was obtained by dividing the WC by height. It was used to estimate the fat accumulation in the central zone of “abdominal obesity” of the body, following international standards [32]. In line with recent evidence, a cutoff of ≥ 0.54 was optimal to consider the cardiometabolic risk for the Latin American region [33].

Prehensile strength test

Before starting the test, for 5 min, each participant performed a standardized warm-up—upper limb dynamic movements. Subsequently, the participants stood with the shoulder adducted in neutral rotation. The elbow should be in 180° extension, and the forearm and wrist should be in a neutral position [34]. Then, the digital hand dynamometer (JAMAR Plus® +, USA) was placed in the participant's hand. Then, the investigator indicated the word "squeeze" to start the test and "relax" to finish. The maximum voluntary contraction of the prehensile strength test was 3–5 s. Each participant performed the test twice with each hand (first the right hand and then the left hand). There was a 120-s pause between each repetition and a 1-min rest before assessing the other limb. All participants received verbal support during the execution of the test. The average result of the two repetitions for each hand resulted in handgrip muscle strength (HGS). This was used for the characterization of sample 1.

Muscle Quality Index

The MQI was calculated in the field by dividing the HGS by the body mass index (BMI) [33, 34]. The field test has been strongly correlated with a laboratory MQI [35]. Poor MQI was categorized as $\leq 50^\circ$ and good MQI as $> 50^\circ$.

DASS-21 Questionnaire

The abbreviated version of the Depression Anxiety Stress Scales (DASS-21), which has been culturally and idiomatically adapted and exhibits reliability and validity in Chilean adolescents, was used [36,37,38]. Specifically, the Depression scale assesses dysphoria, meaninglessness, self-

depreciation, lack of interest, and anhedonia. The Anxiety scale considers subjective and somatic symptoms of fear, autonomic activation, situational anxiety, and subjective experience of anxious affect. The Stress scale assesses persistent nonspecific arousal, difficulty relaxing, irritability, and impatience. All DASS-21 items are answered on a Likert scale (0 to 3 points) according to the presence and intensity of the symptoms in the last week. Each scale has seven items; its total score is calculated by summing all the items' punctuation, which may vary between 0 and 21 points [36].

Availability of data and materials

The datasets generated and/or analysed during the current study are available in a supplementary file.

Statistical analysis

Normal distribution was tested using the Kolmogorov–Smirnov test. Values are presented as the mean and standard deviation (SD) for continuous variables. Differences between mean values according to the MQI group were determined using ANOVA and the chi-square test. A simple linear regression estimated the association between MQI and psychological variables with a 95% confidence interval (95% CI). Sex and age were included as covariables. All statistical analyses were performed with SPSS statistical software version 23.0 (SPSSTM Inc., Chicago, IL). The alpha level was set at $p < 0.05$ for statistical significance.

RESULTS

Table 1 shows the comparison according to the MQI. The high MQI group presented lower depression ($7,50 \pm 6,06$ vs. $10,97 \pm 5,94$), anxiety ($5,64 \pm 4,81$ vs. $9,66 \pm 5,12$) and stress ($6,79 \pm 5,09$ vs. $10 \pm 5,58$) scores than the low MQI group. In addition, the high MQI had lower abdominal obesity (WtHR, $0,47 \pm 0,07$ vs. $0,52 \pm 0,07$).

Table 1 Comparison of variables according to muscle quality index

	High-MQI (n= 28) Mean $\pm$ SD	Low-MQI (n= 32) Mean $\pm$ SD	Total (n= 60) Mean $\pm$ SD	F	p-value
MQI	15.36 $\pm$ 1.77	14.91 $\pm$ 1.80	15.12 $\pm$ 1.79	0.951	0.333
Body mass (kg)	68.29 $\pm$ 19.06	72.80 $\pm$ 17.30	70.70 $\pm$ 18.13	0.920	0.341
Height (cm)	169.11 $\pm$ 7.45	160.09 $\pm$ 6.37	164.30 $\pm$ 8.20	25.537	0.000
BMI (kg/ m ²)	23.64 $\pm$ 5.33	28.20 $\pm$ 5.42	26.07 $\pm$ 5.80	10.734	0.002
Body fat (%)	22.00 $\pm$ 9.65	34.52 $\pm$ 7.55	28.67 $\pm$ 10.59	31.714	0.000
Depres- sion	7.50 $\pm$ 6.06	10.97 $\pm$ 5.94	9.35 $\pm$ 6.20	4.991	0.029
Anxiety	5.64 $\pm$ 4.81	9.66 $\pm$ 5.12	7.78 $\pm$ 5.33	9.704	0.003
Stress	6.79 $\pm$ 5.09	10.00 $\pm$ 5.58	8.50 $\pm$ 5.56	5.369	0.024
WtHR (WC/ size)	0.47 $\pm$ 0.07	0.52 $\pm$ 0.07	0.50 $\pm$ 0.07	11.491	0.001

BMI Body mass index, *kg* Kilograms, *MQI* Muscle quality index, *SD* Standard deviation, *WC* Waist circumference, *WtHR* Waist-to-height ratio

Data are shown as the mean and SD

Table 2 The proportion of variables according to MQI

		CatMQI		Total	p-value
		High-MQI	Low-MQI		
Depression	No	11	4	15	p=0.175
		73.3%	26.7%	100.0%	
	Low	3	5	8	
		37.5%	62.5%	100.0%	
	Moderate	5	9	14	
		35.7%	64.3%	100.0%	
Anxiety	Severe	4	4	8	p=0.031
		50.0%	50.0%	100.0%	
	Extreme	5	10	15	
		33.3%	66.7%	100.0%	
	No	13	3	16	
		81.3%	18.8%	100.0%	
Stress	Low	1	2	3	p=0.176
		33.3%	66.7%	100.0%	
	Moderate	5	9	14	
		35.7%	64.3%	100.0%	
	Severe	2	3	5	
		40.0%	60.0%	100.0%	
Abdominal Obesity	Extreme	7	15	22	p=0.023
		31.8%	68.2%	100.0%	
	No	18	11	29	
		62.1%	37.9%	100.0%	
	Leve	4	7	11	
		36.4%	63.6%	100.0%	
	Moderate	2	2	4	
		50.0%	50.0%	100.0%	
	Severe	2	7	9	
		22.2%	77.8%	100.0%	
	Extreme	2	5	7	
		28.6%	71.4%	100.0%	
	No	24	19	43	p=0.023
		55.8%	44.2%	100.0%	
	Abdominal Obesity	4	13	17	
		23.5%	76.5%	100.0%	

Data shown represent n (%)

Table 3 Association between muscle quality index with psychosocial variables

				Standardized Coefficients	SE	95% Confidence Interval for B		p-value
B	95%CI	Upper Bound	Beta			Lower Bound	Upper Bound	
Depression	-6.18	-10.11	-2.25	-0.38	1.96	-10.11	-2.25	P=0.003
*	-4.14	-9.28	0.99	-0.26	2.56	-9.28	0.99	P=0.112
Anxiety	-6.61	-9.83	-3.39	-0.47	1.61	-9.83	-3.39	p<0.001
*	-6.02	-10.28	-1.77	-0.43	2.12	-10.28	-1.77	P=0.006
Stress	-4.90	-8.49	-1.32	-0.34	1.79	-8.49	-1.32	P=0.008
*	-2.66	-7.31	1.99	-0.18	2.32	-7.31	1.99	P=0.257

Data shown represent β and 95%CI. *Represent variable adjusted by sex and age

DISCUSSION

The study's main objective was to determine the relationship between the MQI and psychosocial variables of depression, anxiety, and stress in Chilean adolescents. The main findings of this study were as follows: adolescents with high MQI levels evidenced (i) a lower score of depression, anxiety, and stress, in addition to lower abdominal obesity, compared to adolescents who presented lower MQI levels; (ii) the group with high MQI levels reported a higher prevalence of nonanxiety and a lower abdominal obesity prevalence; and (iii) a significant inverse association was evidenced between MQI with depression, anxiety, and stress.

Psychosocial variables in Chilean adolescents

First, it was found that adolescents presented alterations in the psychosocial variables of depression (61.7% "moderate to extreme"), anxiety (68.3% "moderate to extreme"), and stress (33.3% "moderate to extreme"). In this sense, an alteration in these psychosocial variables has been associated with decreased academic performance, increased drug use and consumption, a higher prevalence of suicidal ideation [39], and a decrease in sports practice [13, 14]. In this line, recent meta-analyses have demonstrated the benefits of physical exercise on the levels of anxiety, stress, and depression [12, 17, 18], as well as the inverse association between high levels of physical fitness and low levels of psychosocial disorders [40,41,42,43,44]. In this context, scientific evidence has focused mainly on aerobic training and cardiorespiratory capacity as a modulator of psychosocial variables [18, 41, 43]. In parallel, the effects of strength training, its association with MQI, and its consequent impact on psychosocial variables are scarce [12]. Therefore, the antecedents presented in this research are pioneering in the association between MQI and psychosocial disorders in adolescents.

Muscle strength development and its relationship with psychosocial variables

The results of the present study reported an inverse relationship between high MQI scores and depression ($p = 0.003$), anxiety ($p < 0.001$), and stress ($p = 0.008$). These results concord with recent meta-analyses that have determined associations between muscle strength development and psychosocial variables [12, 19, 45]. For example, Marques et al. [45] reported that muscle strength is inversely and significantly related to depression 0.85 in adults (95% CI: 0.80, 0.89). In parallel, in a meta-analysis developed by Barahona-Fuentes et al. [12], the effects of different modes of strength intervention on depression, anxiety, and stress in adolescents were

found, evidencing a large and significant impact on depression (SMD = -1.61; CI = 95%: -2.54, -0.67, $p = 0.0007$) and anxiety (SMD = -1.75; CI = 95%: -0.03, -0.48; $p = 0.007$) [12]. Likewise, Whitworth et al. [46] described the beneficial effects of strength training in reducing posttraumatic stress levels in young adults. Similarly, several studies have been conducted in a population of older people, which have conclusively revealed that the level of basal prehensile strength is a protective factor against the development of depressive symptoms over time [47, 48]. However, it is relevant to note that these studies have focused on an older population and have exclusively addressed the basal level of manual grip strength. Despite this evidence, there is a notable absence of exploration of MQI, an essential component of muscle quality, which our research set out to examine in the context of Chilean adolescents. Based on the described antecedents, it has been evidenced that an increase in muscular strength decreases psychosocial variables [12, 19, 45]. In this context, it is understood that a higher level of strength would generate a higher MQI [20,21,22, 43]. Therefore, there should be a direct and inverse relationship between MQI and psychosocial variables.

MQI and its relationship with psychosocial variables

In the present investigation, there was an inverse relationship between MQI and abdominal obesity in adolescents ($p < 0.001$). These results are in agreement with a recent study by Camaño-Navarrete et al. [49], who showed that subjects with a low MQI had greater abdominal obesity ($p = 0.011$) than the group with a high MQI. Likewise, these authors confirmed that the MQI is a partial mediator of the association between abdominal obesity and other variables, such as systolic blood pressure. In this context, it has been observed that MQI plays an essential role in preventing chronic diseases such as diabetes mellitus, cardiovascular risk, cancer, and abdominal obesity [25, 50, 51]. It has also been shown that adult men and women with high adipose tissue content have decreased muscle quality [23, 24]. Recently, Ikeue et al. [52] associated MQI with the accumulation of cardiovascular disease risk factors in obese patients and evidenced an accumulation of cardiovascular disease risk factors when combining WC and MQI, independent of sex and age [52]. Although our study did not evaluate cardiovascular risk factors since it was not the purpose of the study, it did assess abdominal obesity, which is directly associated with cardiometabolic risk markers. On the other hand, scientific evidence has also described that sedentary behavior can negatively influence the psychosocial variables of depression, anxiety, and

stress [53]. An increase in sports practice through strength training—which would increase the MQI—could be related to a neural mechanism impacting brain development, specifically through an increase in hippocampal volume [16, 54]. This series of brain events associated with sports practice and increased MQI would cause a decrease in the psychosocial variables of depression, anxiety, and stress [16]. However, more research is needed to clarify this relationship [12].

Limitations

Although the previously established sample size was met, we believe a larger sample size would allow us to extrapolate the data to the rest of the adolescent population. In this context, the COVID-19 pandemic restricted access to schools for external people. In addition, curricular progress in the teaching–learning process slowed down, causing less interest in scientific research during class hours from directors and parents. Despite this, the sample size studied allowed us to establish the relationship between MQI and psychosocial variables in adolescents. An emerging line of research has arisen in a population that had been neglected but is gradually becoming a priority in public policies in Chile and around the world.

Conclusions

The MQI presents an inverse relationship with psychosocial variables of depression, anxiety, and stress, as well as with markers of cardiometabolic risk such as abdominal obesity. To the best of our knowledge, this was the first study to establish the relationship between MQI and psychosocial variables of depression, anxiety, and stress in the adolescent population. Future studies must verify these results through a larger sample size and test other important components through a strength training exercise intervention.

References

- Barahona-Fuentes GD, Lagos RS, Ojeda ÁCH. The influence of self-talk on levels of stress and anxiety in tennis players: a systematic review [Influencia del autodiálogo sobre los niveles de ansiedad y estrés en jugadores de tenis: una revisión sistemática]. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*. 2019;41(2):135–41. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85057461182&doi=10.1016%2Fj.brce.2018.04.014&partnerID=40&m5=gabaec42b52da5b4940f3f05fb307a3a>
- Crempien C, De La Parra G, Grez M, Valdés C, López MJ, Krause M. Características sociodemográficas y clínicas de pacientes diagnosticados con depresión en Centros Comunitarios de Salud Mental (COSAM) de Santiago. *Chile Rev Chil Neuropsiquiatr*. 2017;55(1):26–35.
- Othman N, Ahmad F, El Morr C, Ritvo P. Perceived impact of contextual determinants on depression, anxiety and stress: A survey with university students. *Int J Ment Health Syst*. 2019;13(1):1–9. <https://doi.org/10.1186/s13033-019-0275-x>.
- Walker ER, McGee RE, Druss BG. Mortality in mental disorders and global disease burden implications: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Psychiat*. 2015;72(4):334–41.
- Vicente B, Kohn R, Saldívia S, Rioselo P. Carga del enfermar psíquico, barreras y brechas en la atención de Salud Mental en Chile. *Rev Med Chil*. 2007;135(12):1591–9.
- Essau CA, Lewinsohn PM, Olaya B, Seeley JR. Anxiety disorders in adolescents and psychosocial outcomes at age 30. *J Affect Disord*. 2014;163:125–32. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2013.12.033>.
- Solmi M, Radua J, Olivola M, Croce E, Soardo L, de Salazar Pablo G, et al. Age at onset of mental disorders worldwide: large-scale meta-analysis of 192 epidemiological studies. *Mol Psychiatry*. 2022;27(1):281–95.
- Herrera-Gutiérrez E, Olmos-Soria M, Brocal-Pérez D. Efectos psicológicos de la práctica del Método Pilates en una muestra universitaria. *Anales de Psicología*. 2015;31(3):916–20.
- Ernst M, Lago T, Davis A, Grillon C. The effects of methylphenidate and propranolol on the interplay between induced anxiety and working memory. *Psychopharmacology*. 2016;233:3565–74.
- Huerta Á, Barahona-Fuentes G, Galdames S, Cáceres P, Ortiz P. Efectos de un programa de Zumba® sobre niveles de ansiedad-rasgo, ansiedad-estado y condición física en estudiantes universitarias chilenas. *Cuadernos de Psicología del Deporte*. 2020;20(3):1–14.
- Gerber M, Brand S, Elliot C, Holsboer-Trachsler E, Pühse U. Aerobic exercise, Ball sports, Dancing, and Weight Lifting as moderators of the relationship between stress and depressive symptoms: an exploratory cross-sectional study with Swiss University students. *Percept Mot Skills*. 2014;119(3):679–97.
- Barahona-Fuentes G, Huerta Ojeda Á, Chiroso-Ríos L. Effects of Training with Different Modes of Strength Intervention on Psychosocial Disorders in Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(18):9477. Available from: <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/18/9477>
- Delgado-Floody P, Guzmán-Guzmán IP, Caamaño-Navarrete F, Jerez-Mayorga D, Zulic-Agramunt C, Cofré-Lizama A. Depression is associated with lower levels of physical activity, body image dissatisfaction, and obesity in Chilean preadolescents. *Psychol Health Med*. 2021;26(4):518–31. <https://doi.org/10.1080/13548506.2020.1817958>.
- Delgado-Floody P, Soto-García D, Caamaño-Navarrete F, Carter-Thuillier B, Guzmán-Guzmán IP. Negative physical self-concept is associated to low cardiorespiratory fitness, negative lifestyle and poor mental health in Chilean Schoolchildren. *Nutrients*. 2022;14(13):2771.
- Wittfeld K, Jochem C, Dörr M, Schminke U, Gläser S, Bahls M, et al. Cardiorespiratory fitness and gray matter volume in the temporal, Frontal, and cerebellar regions in the general population. *Mayo Clin Proc*. 2020;95(1):44–56.
- Gorham LS, Jernigan T, Hudziak J, Barch DM. Involvement in sports, Hippocampal volume, and depressive symptoms in children. *Biol Psychiatry Cogn Neurosci Neuroimaging*. 2019;4(5):484–92. <https://doi.org/10.1016/j.bpsc.2019.01.011>.
- Stubbs B, Vancampfort D, Rosenbaum S, Firth J, Cosco T, Veronese N, et al. An examination of the anxiolytic effects of exercise for people with anxiety and stress-related disorders: A meta-analysis. *Psychiatry Res*. 2017;249(January):102–8.
- Wegner M, Amatriain-Fernández S, Kaulitzky A, Murillo-Rodríguez E, Machado S, Budde H. Systematic review of meta-analyses: exercise effects on depression in children and adolescents. *Front Psychiatry*. 2020;11:1–12.
- Gordon BR, McDowell CP, Lyons M, Herring MP. The effects of resistance exercise training on anxiety: a meta-analysis and meta-regression analysis of randomized controlled trials. *Sports Med*. 2017;47(12):2521–32.
- Barbat-Artigas S, Rolland Y, Zamboni M, Aubertin-Leheudre M. How to assess functional status: a new muscle quality index. *Journal of Nutrition, Health and Aging*. 2012;16(1):67–77.
- Jerez-Mayorga D, Chiroso L, Reyes A, Delgado-Floody P, Machado R, Guisado IM. Muscle quality index and isometric strength in older adults with hip osteoarthritis. *PeerJ*. 2019;7: e7471.
- Reyes-Ferrada W, Rodríguez-Perea Á, Chiroso-Ríos L, Martínez-García D, Jerez-Mayorga D. Muscle quality and functional and conventional ratios of trunk strength in young healthy subjects: a pilot study. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(19):12673.
- Peterson MD, Liu D, Gordish-Dressman H, Hubal MJ, Pistilli E, Angelopoulos TJ, et al. Adiposity attenuates muscle quality and the adaptive response to resistance exercise in non-obese, healthy adults. *Int J Obes*. 2011;35(8):1095–103.
- Fabbri E, Chiles Shaffer N, Gonzalez-Freire M, Shardell MD, Zoli M, Studenski SA, et al. Early body composition, but not body mass, is associated with future accelerated decline in muscle quality. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2017;8(3):490–9.
- Wolfe RR. The underappreciated role of muscle in health and disease. *Am J Clin Nutr*. 2006;84(3):475–82.
- Lee S, Kim Y, White DA, Kuk JL, Arslanian S. Relationships between insulin sensitivity, skeletal muscle mass and muscle quality in obese adolescent boys. *Eur J Clin Nutr*. 2012;66(12):1366–8.
- Von Elm E, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gøtzsche PC, Vandenbroucke JP. The Strengthening of Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *The Lancet*. 2007;370(9596):1453–7.
- Cuschieri S. The STROBE guidelines. *Saudi J Anaesth*. 2019;13(Suppl 1):S31–4.
- Faul F, Erdfelder E, Buchner A, Lang AG. Statistical power analyses using G* Power 3.1: tests for correlation and regression analyses. *Behav Res Methods*. 2009;41(4):1149–60.
- Association WM. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*. 2013;310(20):2191–4.
- Schröder H, Ribas L, Koebeck C, Funtikova A, Gomez SF, Fito M, et al. Prevalence of abdominal obesity in Spanish children and adolescents. Do we need waist circumference measurements in pediatric practice? *PLoS One*. 2014;9(1):e87549.
- Chung IH, Park S, Park MJ, Yoo EG. Waist-to-height ratio as an index for cardiometabolic risk in adolescents: results from the 1998–2008 KNHANES. *Yonsei Med J*. 2016;57(3):658–63.
- Ezzatvar Y, Izquierdo M, Ramírez-Vélez R, del Pozo CB, García-Hermoso A. Accuracy of different cutoffs of the waist-to-height ratio as a screening tool for cardiometabolic risk in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis of diagnostic test accuracy studies. *Obes Rev*. 2022;23(2):e13375.
- Mathiowetz V. Comparison of Rolyan and Jamar dynamometers for measuring grip strength. *Occup Ther Int*. 2002;9(3):201–9.
- Melo GLR, Moraes MR, Nascimento EF, Boato EM, Beal FLR, Stone W, et al. Field-based versus laboratory-based estimates of muscle quality index in adolescents with and without Down syndrome. *J Intellect Disabil Res*. 2022;66(12):1000–8.
- Lovibond PF, Lovibond SH. The structure of negative emotional states: comparison of the Depression Anxiety Stress Scales (DASS) with the beck depression and anxiety inventories. *Behav Res Ther*. 1995;33(3):335–43.
- Román F, Santibáñez P, Vinet EV. Uso de las Escalas de Depresión Ansiedad Estrés (DASS-21) como Instrumento de Tamizaje en Jóvenes con Problemas Clínicos. *Acta Investig Psicol*. 2016;6(1):2325–36. [https://doi.org/10.1016/S2007-4719\(16\)30053-9](https://doi.org/10.1016/S2007-4719(16)30053-9).
- Román Mella F, Vinet EV, Alarcón Muñoz AM. Escalas de depresión, ansiedad y estrés (DASS-21): Adaptación y propiedades psicométricas en estudiantes secundarios de Temuco. *Rev Argent Clin Psicol*. 2014;23(2):179–90.
- Nguyen DT, Dedding C, Pham TT, Wright P, Bunders J. Depression, anxiety, and suicidal ideation among Vietnamese secondary school students and proposed solutions: A cross-sectional study. *BMC Public Health*. 2013;13(1):195.
- Shigdel R, Stubbs B, Sui X, Ernsten L. Cross-sectional and longitudinal association of non-exercise estimated cardiorespiratory fitness with depression and anxiety in the general population: the HUNT study. *J Affect Disord*. 2019;252:122–9.
- Bang-Kittelsen G, Engh JA, Holst R, Holmen TL, Bigseth TT, Andersen E, et al. High-intensity interval training may reduce depressive symptoms in individuals with schizophrenia, putatively through improved VO2max: a randomized controlled trial. *Front Psychiatry*. 2022;13.
- Philippot A, Meerschaut A, Danneaux L, Smal G, Bleyenheuft Y, De Volder AG. Impact of physical exercise on symptoms of depression and anxiety in pre-adolescents: A pilot randomized trial. *Front Psychol*. 2019;10:1820.
- Philippot A, Dubois V, Lambrechts K, Grogna D, Robert A, Jonckheer U, et al. Data on the impact of physical exercise treatment on depression and anxiety in a psychiatric hospital for adolescents. *Data Brief*. 2022;42:108165.
- Tonello L, Oliveira-Silva I, Medeiros AR, Donato ANA, Schuch FB, Donath L, et al. Prediction of depression scores from aerobic fitness, body fatness, physical activity, and vagal indices in non-exercising, female workers. *Front Psychiatry*. 2019;10:192.
- Marques A, Gomez-Baya D, Peralta M, Frasilheiro D, Santos T, Martins J, et al. The effect of muscular strength on depression symptoms in adults: a systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(16):5674.
- Whitworth JW, Nosrat S, SantaBarbara NJ, Ciccolo JT. Feasibility of resistance exercise for posttraumatic stress and anxiety symptoms: a randomized controlled pilot study. *J Trauma Stress*. 2019;32(6):977–84.
- Zhao Z, Ji C, Liu Y, Gao S, Xia Y. Higher handgrip strength predicts a lower risk of depressive symptoms in rural Chinese populations. *J Affect Disord*. 2020;269:12–7.

48. Veronese N, Stubbs B, Trevisan C, Bolzetta F, De Rui M, Solmi M, et al. Poor physical performance predicts future onset of depression in elderly people: Progetto Veneto Anziani Longitudinal Study. *Phys Ther.* 2017;97(6):659–68.
49. Caamaño-Navarrete F, Jerez-Mayorga D, Alvarez C, Del-Cuerpo I, Crespo-Barría M, Delgado-Floody P. Muscle quality index in morbidly obesity patients related to metabolic syndrome markers and cardiorespiratory fitness. *Nutrients.* 2023;15(11):2458.
50. Loosen SH, Schulze-Hagen M, Püngel T, Bündgens L, Wirtz T, Kather JN, et al. Skeletal muscle composition predicts outcome in critically ill patients. *Crit Care Explor.* 2020;2(8).
51. Jochem C, Leitzmann M, Volaklis K, Aune D, Strasser B. Association between muscular strength and mortality in clinical populations: a systematic review and meta-analysis. *J Am Med Dir Assoc.* 2019;20(10):1213–23.
52. Ikeue K, Kusakabe T, Muranaka K, Yamakage H, Inoue T, Ishii K, et al. A combined index of waist circumference and muscle quality is associated with cardiovascular disease risk factor accumulation in Japanese obese patients: a cross-sectional study. *Endocrine.* 2022;1–11.
53. Norbury R, Godlewska B, Cowen PJ. When less is more: a functional magnetic resonance imaging study of verbal working memory in remitted depressed patients. *Psychol Med.* 2014;44(6):1197–203.
54. Feter N, Penny JC, Freitas MP, Rombaldi AJ. Effect of physical exercise on hippocampal volume in adults: systematic review and meta-analysis. *Sci Sports.* 2018;33(6):327–38.