



Efectos de un programa de entrenamiento concurrente en circuito, sobre el VO₂máx, la fuerza y la composición corporal en estudiantes universitarios con bajo peso.

Mateo Toro López

Licenciatura en Educación Física

Trabajo de grado presentado para optar al título de Licenciado en Educación Física

Asesor

Víctor Hugo Arboleda Serna, Doctor en Epidemiología.

Universidad de Antioquia

Instituto Universitario de Educación Física y Deporte

Licenciatura en Educación Física

Medellín, Antioquia, Colombia

2024

| | |
|----------------------------|--|
| Cita | (Toro López, M. 2024) |
| Referencia | Toro López, M. (2024). <i>Efectos de un programa de entrenamiento concurrente en circuito, sobre el VO₂máx, la fuerza y la composición corporal en estudiantes universitarios con bajo peso</i> . [Trabajo de Grado]. Universidad de Antioquia, Medellín. |
| Estilo APA 7 (2020) | |



Biblioteca Ciudadela Robledo

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Resumen

Las alteraciones del peso corporal, especialmente el sobrepeso y la obesidad, son una problemática global en aumento. No obstante, las alteraciones que conciernen el bajo peso han sido un fenómeno con menos atención en el campo investigativo. En el contexto de la Universidad de Antioquia, según la base de datos de caracterización física de estudiantes del Sistema de Información de Bienestar Universitario de la Universidad de Antioquia (SIBU), durante el semestre 2022-1, el 16% de los estudiantes caracterizados presentaban un IMC inferior a 18.5 kg/m², indicando un estado de delgadez. Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo de este estudio fue analizar los efectos de un programa de entrenamiento concurrente en circuito durante 8 semanas sobre el VO₂máx, la fuerza y la composición corporal (masa muscular y masa grasa) en estudiantes universitarios con bajo peso. Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas en la fuerza y el VO₂máx, pero no se encontraron cambios significativos en las variables relacionadas con la composición corporal.

Palabras clave: entrenamiento concurrente, bajo peso, fuerza, VO₂máx, composición corporal.

Abstract

This Body weight alterations, particularly overweight and obesity, are an increasing global issue. However, alterations concerning low weight have received less attention in the research field. In the context of the Universidad de Antioquia, according to the physical characterization database of students from the Sistema de Información de Bienestar Universitario (SIBU), during the 2022-1 semester, 16% of the characterized students presented a BMI lower than 18.5 kg/m², indicating a state of underweight. Based on this, the aim of this study was to analyze the effects of an 8-week concurrent circuit training program on VO₂max, strength, and body composition (muscle mass and fat mass) in university students with low weight. The results showed statistically significant differences in strength and VO₂max, but no significant changes were found in the body composition-related variables.

Keywords: concurrent training, underweight, strength, VO₂max, body composition.

Introducción

Las alteraciones del peso corporal son una problemática a nivel mundial que ha venido en aumento y así mismo tiene tendencia a seguir incrementando. Según la Organización Mundial de la Salud (2024), “en el 2022, 2500 millones de adultos tenían sobrepeso (de ellos 890 millones tenían obesidad), mientras que 390 millones tenían un peso insuficiente”. En la actualidad, el foco de atención de dicha problemática se ha centrado principalmente en las alteraciones relacionadas con el sobrepeso y la obesidad; incluso, es muy probable que el lector, al leer "alteraciones del peso corporal", haya pensado inmediatamente en sobrepeso u obesidad. Sin embargo, poca atención se le ha prestado a la problemática del bajo peso que, como veremos a continuación, también tiene un fuerte impacto en la salud, además de estar relacionado a diferentes factores.

De acuerdo con la Clasificación del Índice de Masa Corporal (IMC) brindada por los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC, 2021), el bajo peso ocurre cuando el IMC de una persona es menor de 18.5 kg/m², convirtiéndose en un peso insuficiente. El IMC se define como un indicador simple de la relación entre el peso y la talla, que se obtiene al dividir el peso en kilogramos entre la talla en metros al cuadrado, determinando tanto la obesidad y el sobrepeso, como el peso adecuado, el bajo peso o la malnutrición (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016). Teniendo en cuenta la información previamente brindada, en Colombia se adapta el IMC menor a 18.5 kg/m² para clasificar el estado nutricional de personas de bajo peso entre 18 a 64 años (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016). De acuerdo con la Encuesta Nacional de Situación Nutricional realizada en 2015 en Colombia, se estima que el 2,4% de la población adulta encuestada se encuentra en la clasificación de delgadez o bajo peso (ENSIN, 2015). Por otra parte, de acuerdo con la base de datos de la caracterización física del Sistema de Información de Bienestar

EFECTOS DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO CONCURRENTES...

Universitario de la Universidad de Antioquia (SIBU), para el barrido del semestre 2022-1, del total de estudiantes caracterizados, el 16% se encontraban en estado de delgadez con un IMC inferior a 18.5 kg/m². Dicha cifra corresponde con los estudiantes pertenecientes únicamente a la sede del Valle de Aburrá (Dirección de Bienestar Universitario UdeA, 2022).

La pérdida de peso en diferentes etapas de la vida humana tiene sus causas en diversos aspectos como la nutrición inadecuada, la falta de acceso a los alimentos y las enfermedades infecciosas (Wisbaum, 2011). Además, se ha encontrado que el bajo peso puede ser causado por factores neurológicos, psicológicos, endocrinos, gastrointestinales, farmacológicos, físicos y sociales (García & Villalobos, 2012), que pueden influir a su vez en el consumo y/o en el metabolismo de los alimentos. Explicando lo anterior, la nutrición inadecuada es "...reconocida como un marcador de fragilidad, e incluye tanto a individuos con bajo peso como con alto índice de masa corporal" (Jauregui & Rubín, 2012). De esto se evidencia que una mala alimentación, tanto en el exceso como en la escasez, puede afectar de manera negativa a las personas. Teniendo en cuenta los factores sociales, físicos y psicológicos, se establece que los trastornos alimenticios como la anorexia nerviosa y la bulimia pueden conllevar al bajo peso, causando además amenorrea en mujeres, estrés, ansiedad, ejercicio excesivo, debilitación de los músculos y diversas alteraciones físicas y mentales (Almudena, 2009), aspectos como la no aceptación de la propia imagen corporal o la obsesión por los ideales de belleza pueden conllevar a dichos factores. También, de lo anterior se puede observar cómo, unidos a las causas, están los efectos o impactos en la salud que acarrea el bajo peso, aspecto que también es importante describir.

Desde hace ya años se ha demostrado que el bajo peso está asociado a la alta mortalidad en adultos por todas las causas. Esto se respalda en el estudio de Seidell et al. (1996), quienes además

EFECTOS DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO CONCURRENTES...

indican que son los hombres los más afectados, en comparación con las mujeres. También, en un estudio relacionado con el exceso de muertes por bajo peso, sobrepeso y obesidad, se concluyó que las muertes concernientes al bajo peso superaron las muertes de personas con peso normal (Flegal et al., 2005). Por la misma línea, en una investigación sobre bajo peso, sobrepeso y obesidad como factores de riesgo en la hospitalización y la mortalidad, se indicó que la condición de tener bajo peso está asociada con una alta mortalidad por todas las causas (Ringbäck et al., 2008). Más recientemente, en la revisión sistemática de Lizárraga et al. (2015), se asoció al bajo peso con un aumento de la mortalidad, de acuerdo con seis de los siete estudios prospectivos (≥ 10 años de seguimiento) incluidos.

Sin embargo, la alta mortalidad no es la única preocupación del bajo peso en los adultos. Otros estudios sugieren que el bajo peso tiene efectos negativos en la salud, concretamente en el desarrollo de enfermedades crónicas y en la aparición de problemas de movilidad (Mwachofi & Needle, 2012). Cabe resaltar que, además del bajo peso, el bajo porcentaje de tejido graso puede causar cambios significativos en las condiciones físicas generales, pues este tejido aporta sustancias vitales para el cuerpo (Vernon, 2000). Algunos de estos aportes son la producción de hormonas, antimicrobianos, citocinas y adipocinas; además, el tejido graso también participa en la función de múltiples células y órganos, interviniendo en la defensa y la homeostasis del organismo, por lo cual es considerado como un tejido con funciones neuroinmune-endocrinas (Vega & Rico, 2019).

Por lo anterior, es importante procurar que las personas mantengan un IMC adecuado; por ende, se hace indispensable la necesidad de una intervención pensada para la población con bajo

EFFECTOS DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO CONCURRENTE...

peso, buscando identificar los efectos de un programa de entrenamiento concurrente en circuito de 8 semanas sobre el VO₂máx, la fuerza y la composición corporal en estudiantes universitarios con bajo peso.

Con esta investigación se pretende contribuir a un área que ha sido poco investigada y, a su vez, aportarle beneficios en la salud a una población que actualmente está siendo poco atendida.

Objetivo

Objetivo General

Analizar los efectos de un programa de entrenamiento concurrente en circuito durante 8 semanas, sobre el VO₂máx, la fuerza y la composición corporal (masa muscular y masa grasa), en estudiantes universitarios con bajo peso.

Objetivos específicos

- ✓ Realizar una caracterización y una valoración física con el fin de conocer el estado inicial de las variables de interés en los participantes.
- ✓ Estructurar y ejecutar un programa de entrenamiento buscando incidir en las variables estudiadas.
- ✓ Comparar las mediciones iniciales de los participantes con los datos obtenidos a partir de una medición final para identificar los cambios.

Marco teórico

VO₂máx (Aptitud cardiorrespiratoria):

El entrenamiento concurrente no solo se enfoca en la fuerza y la masa muscular, sino también en mejorar la aptitud cardiorrespiratoria, como se observa en varios estudios. Un ejemplo de ello es la revisión sistemática de Ramos et al. (2021), que señala que las intervenciones de entrenamiento en circuito de fuerza provocan efectos positivos sobre el VO₂máx, además de mejorar la fuerza y composición corporal. Este tipo de entrenamiento también se utiliza para mejorar la composición corporal en personas con sobrepeso y obesidad, como se evidenció en el estudio de Pirazán et al. (2020), en el que se observó una reducción del porcentaje de masa grasa con una mejora general del perfil antropométrico y aumento de la fuerza máxima.

Fuerza:

La fuerza muscular, tanto en extremidades superiores como inferiores, es uno de los efectos más estudiados en el entrenamiento concurrente. Camera (2022) destaca que el entrenamiento concurrente, que combina ejercicio de fuerza y aeróbico, puede promover adaptaciones en la fuerza muscular, entre otros beneficios. En investigaciones previas, como el estudio de Mayhew et al. (2010), se observó que tanto los pesos libres como las máquinas guiadas pueden producir aumentos de fuerza en individuos con bajo peso. Asimismo, Arazi et al. (2018) compararon los efectos de métodos tradicionales y de TRX en mujeres jóvenes con bajo peso y encontraron mejoras significativas en la fuerza y resistencia muscular. Además, el entrenamiento concurrente es capaz de mejorar la fuerza máxima, como lo muestra el estudio de

EFFECTOS DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO CONCURRENTE...

Pirazán et al. (2020), donde se reportó un aumento en la fuerza muscular en jóvenes universitarios con sobrepeso u obesidad tras 10 semanas de entrenamiento.

Composición corporal (masa muscular y masa grasa):

El entrenamiento concurrente también tiene un impacto en la composición corporal, especialmente en lo que respecta a la masa muscular y la masa grasa. En el estudio de Pirazán et al. (2020), el programa de entrenamiento concurrente de 10 semanas resultó en una disminución del porcentaje de masa grasa, aunque el cambio en el IMC no fue estadísticamente significativo. Por su parte, la revisión de Ramos et al. (2021) concluyó que las intervenciones basadas en circuitos de fuerza no solo aumentan la masa muscular, sino que también contribuyen a la disminución de la masa grasa. Además, se observó que el entrenamiento concurrente, que combina ejercicios aeróbicos y de fuerza, no compromete el aumento de masa muscular, como se evidencia en la revisión de Schumann et al. (2022), que concluyó que la combinación de entrenamiento aeróbico y de fuerza simultáneo no afecta negativamente la hipertrofia muscular ni el desarrollo de la fuerza máxima.

Metodología

. El diseño de este estudio de investigación es de tipo cuasiexperimental, ya que se busca analizar los efectos asociados a la intervención en estudio sin tener aleatorización de los sujetos, ni algún grupo control para comparar los resultados (Monterola et al., 2015).

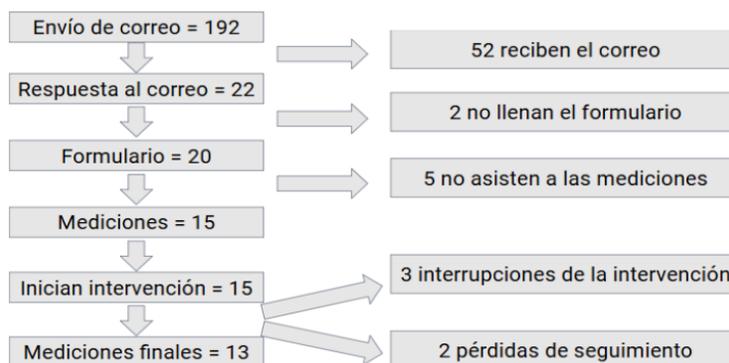
Población

Para el semestre 2022-1, del total de estudiantes caracterizados en la UdeA, 192 de ellos se encontraban en estado de delgadez con un IMC inferior a 18.5 kg/m² (Dirección de Bienestar

EFECTOS DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO CONCURRENTES...

Universitario UdeA, 2022). Dado que solo se disponía de este dato y que posiblemente muchos de los estudiantes hubieran desertado o no estuvieran interesados, además de no tener otros estudios de referencia, se decidió no realizar un cálculo de tamaño de muestra.

Para la selección de participantes se realizó una invitación vía correo, enviando posteriormente un formulario a aquellos que demostraran interés en participar. A partir de la información suministrada en el formulario, se verificaban algunos de los criterios de inclusión y exclusión; para la inclusión era necesario ser estudiante de la universidad con matrícula para el semestre 2024-2, tener entre 18 y 30 años y tener un IMC $<20 \text{ kg/m}^2$. Se excluía del estudio en caso de ser estudiante de regiones, tener el calendario académico partido o estar en paro, tener experiencia deportiva o con el ejercicio mayor a un año con una frecuencia mínima de 3 veces por semana, o tener algún problema de salud que pudiera poner en riesgo la seguridad del participante.



Recolección de información

Se utilizó el test de los 6 minutos (T-6min) para la estimación del $\text{VO}_{2\text{máx}}$, el cual consistió en recorrer un circuito continuo de distancia conocida a la mayor velocidad posible durante 6 minutos. Al finalizar, se tomó la distancia total recorrida y se aplicó la fórmula $\text{VO}_{2\text{max}} (\text{mL} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = 41,946 + 0,022 * t-6 \text{ min} - 0,875 * \text{IMC} + 2,107 * \text{género}$, donde t-6min es igual a la distancia recorrida en metros; IMC es igual al valor del índice de masa corporal con 2 decimales;

EFECTOS DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO CONCURRENTE...

y donde género es igual a 1 para hombres y 0 para mujeres (Huerta et al., 2017). Dicha prueba tiene una alta correlación con el T12 (test de Cooper), además, es un protocolo seguro para población sana no deportista. Es de fácil aplicación y se puede realizar dentro de la universidad en un circuito plano medido previamente. En este caso se realizó alrededor de la cancha sintética, que tiene una distancia de 300 metros (90x60).

En las mediciones de la fuerza se utilizó la máquina de pecho sentado VS-S13H marca “Matrix” de la línea “Forma” para el tren superior; y para el tren inferior se utilizó la prensa de piernas horizontal G3-S70 marca “Matrix” de la línea “Forma”. Se aplicó la fórmula de Brzycki para estimar el RM, durante la prueba se aumentó gradualmente la carga (peso) hasta que fue imposible realizar entre 8 y 10 repeticiones; después de cada intento logrado se dieron dos minutos de descanso antes de realizar el siguiente peso; cuando se tuvo el peso con el que no se llegó al mínimo de 8 repeticiones, se aplicó la fórmula $RM = \text{peso movilizado en kg} / (1,0278 - 0,0278 * \text{número de repeticiones})$. De acuerdo con Suarez et al., (2013) el test de Brzycki tiene muy buena correlación con la medición directa del RM, además, es una muy buena alternativa para personas sin suficientes adaptaciones al entrenamiento de fuerza por su seguridad y menor demanda física, aporte que también brindan las máquinas seleccionadas, pues brindan estabilidad y no implican tener experiencia técnica.

Para la medición de la composición corporal se utilizó una báscula de bioimpedancia marca “OMRON” HBF-514C de la cual se disponía en el gimnasio universitario y que arrojó los datos del peso, el IMC, el porcentaje de grasa corporal y el porcentaje de masa muscular.

Intervención

La intervención consistió en un plan de entrenamiento concurrente en circuito de 8 semanas, con una frecuencia de 2 sesiones por semana. Cada sesión constó de 3 series de 15 ejercicios, con 2 minutos de descanso entre series. Durante el transcurso del programa, se implementaron progresiones tanto en la relación de trabajo-descanso como en el tipo de circuito. Inicialmente, se utilizó un circuito general que combinaba ejercicios aeróbicos y de fuerza para trabajar múltiples grupos musculares de manera global. Posteriormente, se incluyeron circuitos más concentrados y por bloques, donde se enfocaron diferentes grupos musculares en cada bloque o se trabajaron ejercicios más específicos para mejorar aspectos particulares de la fuerza o la resistencia. A medida que avanzó el programa, se redujo progresivamente el tiempo de descanso entre series o se aumentó el tiempo de trabajo en cada ejercicio, con el objetivo de maximizar los beneficios en términos de fuerza muscular, capacidad aeróbica y composición corporal. Para conocer a detalle las planeaciones de la intervención, diríjase a la [carpeta compartida](#).

Análisis de datos

El análisis estadístico de los datos se realizó utilizando la versión 13 del programa STATA, destacando el uso del test de Shapiro-Wilk para evaluar la distribución normal de las variables. Las variables con distribución normal se presentaron mediante medias y desviación estándar, mientras que las de distribución no normal se expresaron con medianas y rangos intercuartílicos. Posteriormente, se aplicó una prueba t pareada para la comparación de medias y el test de Wilcoxon para la comparación de medianas. Se llevaron a cabo dos tipos de análisis:

Por protocolo: Este análisis se realizó para aquellos participantes que cumplieron con el mínimo de sesiones requeridas para observar efectos, es decir, aquellos que asistieron al menos al 80% de las sesiones (13 de 16 posibles).

Por intención de tratar: Este análisis incluyó a todos los participantes que iniciaron la intervención, independientemente del número de sesiones a las que asistieron. En los casos de pérdidas de seguimiento, se utilizó una técnica de imputación de datos simple, asignando como valor final el último dato disponible del participante.

Resultados

Tabla 1: Efectos de la intervención en el VO₂máx, la fuerza y la composición corporal después de 8 semanas. Análisis por intención de tratar y por protocolo ($\geq 80\%$).

| Análisis por intención de tratar | | | | |
|---|------------------------------------|----------------------------------|---|----------|
| Variables | Valores iniciales (n=15) | Valores finales (n=15) | Diferencias entre valores (IC 95%) | P |
| VO ₂ máx | 47.15 ± 4.57 | 48.36 ± 4.75 | 1.20 (0.21 2.20) | 0.02 |
| RM prensa | 97.64 ± 26.73 | 115.46 ± 27.95 | 17.82 (12.10 23.54) | 0.00 |
| RM chest | 26.7 (24.5) | 30.7 (23.2) | 4 | 0.009 |
| % Masa muscular | 32.2 (15.5) | 31.9 (15.5) | -0.3 | 0.24 |
| % Masa grasa | 18.6 (14.6) | 19.3 (15.7) | 0.7 | 0.62 |

EFECTOS DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO CONCURRENTE...

| | | | | |
|------|--------------|--------------|-------------------|------|
| IMC | 18.34 ± 1.01 | 18.55 ± 0.97 | 0.20 (-0.04 0.45) | 0.09 |
| Peso | 52.36 ± 7.38 | 52.89 ± 6.98 | 0.53 (-0.18 1.25) | 0.13 |

Análisis por protocolo

| Variables | Valores iniciales (n=7) | Valores finales (n=7) | Diferencias entre valores (IC 95%) | P |
|------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---|----------|
| VO2máx | 48,41 ± 3.45 | 49.91 ± 3.63 | 1.5 (-0.83 3.83) | 0.16 |
| RM prensa | 101.97 ± 30.30 | 123.68 ± 34.80 | 21.71 (12.25 31.17) | 0.014 |
| RM chest | 37.96 ± 15.15 | 47,24 ± 21.48 | 9.28 (-0.2 18,6) | 0.05 |
| % Masa muscular | 39.88 ± 6.96 | 40.97 ± 7.46 | 1.08 (-1.61 3.79) | 0.36 |
| % Masa grasa | 11.1 (9.3) | 11.6 (12.7) | 0.5 | 0.73 |
| IMC | 18.32 (1.41) | 18.02 (1.44) | -0.3 | 0.31 |
| Peso | 56.71 ± 7.26 | 57.08 ± 7.19 | 0.37 (-1.06 1.81) | 0.55 |

VO2máx → Consumo máximo de oxígeno (ml/kg/min)

RM Prensa → Estimación de la repetición máxima en prensa de piernas (kg)

RM Chest → Estimación de la repetición máxima en prensa de pecho (kg)

IMC → índice de masa corporal (kg/m²)

De acuerdo con la tabla 1, para el análisis por intención de tratar se encontraron diferencias estadísticamente significativas para el VO2máx = 1.20 ml/kg/min (95% IC = 0.21 a 2.20; p = 0.02) y en prensa de piernas = 17.82 kg (95% IC = (12.10 a 23.54; p = 0.00), prensa

de pecho = 4 kg, $p = 0.009$)]. Para el resto de las variables no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

Para el análisis por protocolo se observaron diferencias estadísticamente significativas únicamente en la prensa de piernas = 21.71 kg (95% IC = 12.25 a 31.17; $p = 0.014$). Para el resto de las variables no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

Discusión

En El objetivo de este estudio fue analizar los efectos del entrenamiento concurrente en circuito durante 8 semanas sobre el VO_2 máx, la fuerza y la composición corporal en estudiantes universitarios con bajo peso. Los resultados indican que, si bien se observaron diferencias estadísticamente significativas en la fuerza y el VO_2 máx, los efectos sobre las medidas relacionadas con la composición corporal no fueron estadísticamente significativos. Esto podría estar relacionado directamente con un posible sesgo que tiene que ver con los hábitos alimenticios de los participantes. Como se sabe, el estudio se llevó a cabo en una universidad pública, donde muchos estudiantes provienen de estratos socioeconómicos bajos y no tienen la posibilidad de satisfacer las necesidades calóricas recomendadas para mantener o aumentar el peso. Este factor es relevante, ya que como indica Peña (2024), la combinación de una dieta adecuada con un programa de entrenamiento es crucial para lograr mejoras significativas en la composición corporal, en especial cuando se busca el aumento de masa muscular.

Otro factor importante a considerar es la duración y la frecuencia de la intervención. Con solo dos sesiones por semana, podría ser necesario un mayor número de semanas o, alternativamente, incrementar la frecuencia a al menos tres sesiones por semana para comenzar a observar cambios significativos en la composición corporal, manteniendo el mismo número de

EFECTOS DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO CONCURRENTE...

semanas de intervención. La literatura respalda esta idea, ya que intervenciones con una frecuencia de más de dos sesiones por semana suelen mostrar mejores resultados, especialmente en periodos de entre 8 y 16 semanas (Peña, 2024). En el caso de este estudio, el número de sesiones podría haber limitado los efectos observados en la composición corporal.

La dificultad para comparar directamente los resultados de este estudio con otros se debe, en parte, a la falta de estudios previos en población adulta joven con bajo peso, lo cual limita la generalización de los resultados. Además, como se ha mencionado en la teoría, el entrenamiento concurrente se ha implementado bajo diversos protocolos y sus resultados son muy variados e incluso inconsistentes. Esto resalta la importancia de considerar factores como la población de estudio, la frecuencia de las sesiones y la duración de la intervención para poder comparar de manera más precisa los efectos de este tipo de entrenamiento.

En estudios previos, como el de Shamim et al. (2018), que comparó los efectos de tres tipos de entrenamiento durante 12 semanas (fuerza, aeróbico y concurrente), se observaron efectos significativos del entrenamiento concurrente en la fuerza máxima, la masa magra y el VO₂máx. Esto sugiere que, aunque la duración y frecuencia del entrenamiento pueden influir, es posible observar mejoras significativas en la fuerza y la capacidad aeróbica con un protocolo adecuado, como el de entrenamiento concurrente.

Del mismo modo, el estudio de Bagheri et al. (2024), que exploró los efectos del entrenamiento de fuerza y concurrente junto con una dieta alta en proteínas en hombres adultos jóvenes, también encontró mejoras en la hipertrofia, la fuerza y la potencia muscular, aunque no se establecieron relaciones claras entre la masa magra y el rendimiento. Estos hallazgos refuerzan

la necesidad de considerar la interacción entre el entrenamiento y la nutrición en estudios futuros, particularmente en poblaciones con bajo peso como la de este estudio.

Conclusión

En resumen, aunque los resultados de este estudio muestran mejoras significativas en la fuerza y el VO₂máx, las variaciones en los protocolos de entrenamiento, la duración y la ingesta nutricional podrían ser factores claves para explicar la falta de efectos en la composición corporal. De este modo, dados los resultados y la escasez de estudios relacionados con la población con bajo peso, se hace necesario seguir explorando y estudiando este campo específico. Futuras líneas de investigación podrían ser llevadas a cabo incluyendo un grupo experimental, modificando la duración de la intervención y/o incluyendo una dieta específica.

Referencias

Almudena, J. (2009). Trastornos en la alimentación de los adolescentes.

https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/csicsif/revista/pdf/Numero_16/ALMUDENA_MORENO_1.pdf

Arazi, H., Malakoutinia, F., & Izadi, M. (2018). Effects of eight weeks of TRX versus traditional resistance training on physical fitness factors and extremities perimeter of non-athlete underweight females. *Physical Activity Review*, 6.

<https://doi.org/10.16926/par.2018.06.10>

Bagheri, R., Karimi, Z., Camera, D. M., Scott, D., Bashirzad, M. Z., Sadeghi, R., Kargarfard, M., & Dutheil, F. (2024). Association between changes in lean mass, muscle strength, endurance, and power following resistance or concurrent training with differing high protein diets in resistance-trained young males. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1439037.

<https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1439037>

Camera, D. M. (2022). Evaluating the effects of increased protein intake on muscle strength, hypertrophy, and power adaptations with concurrent training: A narrative review. *Sports Medicine*, 52, 441–461. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01585-9>

Centros para el Control y Prevención de Enfermedades. (2021). Cómo evaluar su peso | Peso saludable | DNPAO | CDC.

<https://www.cdc.gov/healthyweight/spanish/assessing/index.html>

- Dirección de Bienestar Universitario UdeA. (2022). Sistema de Información de Bienestar Universitario (SIBU). Base de datos de la caracterización física de estudiantes UdeA 2022-1.
- Encuesta Nacional de Situación Nutricional (ENSIN). (2015). Jóvenes y adultos 18 a 64 años. Exceso de peso.
https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/infografia_situacion_nutricional_18_a_64_años.pdf
- Flegal, K. M. (2005). Excess deaths associated with underweight, overweight, and obesity. JAMA, 293(15), 1861. <https://doi.org/10.1001/jama.293.15.1861>
- García, A. M., Ramos, S., & Aguirre, O. D. (2016). Calidad científica de las pruebas de campo para el cálculo del VO₂max. Revisión sistemática. Revista de Ciencias de la Salud, 14(2), 247-260. <https://doi.org/10.12804/revsalud14.02.2016.09>
- García, T., & Villalobos, J. A. (2012). Malnutrición en el anciano. Parte I: Desnutrición, el viejo enemigo. Medicina Interna de México, 28(1), 57-64.
<https://www.medigraphic.com/pdfs/medintmex/mim-2012/mim121i.pdf>
- Huerta, A. C., Galdames, S. A., & Cáceres, P. A. (2017). Validación del test de 6 minutos de carrera como predictor del consumo máximo de oxígeno en el personal naval. Revista Cubana de Medicina Militar.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572016000400004
- Jauregui, J., & Rubín, R. (2012). Fragilidad en el adulto mayor. Revista Hospitalaria, 32.
https://www.wecare.com.ar/wp-content/uploads/2020/08/Fragilidad_Rev_HI_2012.pdf

EFECTOS DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO CONCURRENTE...

- Lizarraga, K., Gascón, M., & Cruz, A. (2015). Revisión ¿Perder peso aumenta la esperanza de vida? Revisión sistemática. *Nutrición Hospitalaria*, 32(5), 1919–1925.
<https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v32n5/07revision05.pdf>
- Mayhew, L., Smith, E., Arabas, L., & Roberts, S. (2010). Upper-body strength gains from different modes of resistance training in women who are underweight and women who are obese. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2779-2784.
<https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181e38233>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2016). Resolución 003803 del 2016.
https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%203803%20de%202016.pdf
- Manterola, C., & Otzen, T. (2015). Estudios experimentales 2 parte: Estudios cuasi-experimentales. *International Journal of Morphology*, 33(1), 382-387.
<https://doi.org/10.4067/S0717-95022015000100060>
- Mwachofi, A., & Needell, L. (2017). Is being underweight as bad for your health as being obese? Evidence from the 2012 Behavioral Risk Factor Surveillance System. *Journal of Diabetes and Obesity*, 4(3). <https://www.ommegaonline.org/article-details/Is-Being-Underweight-as-Bad-for-Your-Health-as-Being-Obese-Evidence-from-the-2012-Behavioral-Risk-Factor-Surveillance-System/1494>
- Ordaz, C. (2022). Asesoría nutricional para el aumento de peso en personas con delgadez.
<https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/handle/123456789/43669>

Organización Mundial de la Salud. (2021). Malnutrición. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition>

Peña, G., Heredia, J. R., Aguilera, J., Da Silva, M., & Del Rosso, S. (2024). Entrenamiento concurrente de fuerza y resistencia: una revisión narrativa. G-SE. <https://g-se.com/es/entrenamiento-concurrente-de-fuerza-y-resistencia-una-revision-narrativa-2070-sa-a57cfb27276a24>

Pirazán, M. J., Rivera, M. E., Osuna, J. P., & Anzola, F. (2020). Efectos de un programa de entrenamiento concurrente sobre el perfil antropométrico y la fuerza muscular en un grupo de jóvenes universitarios. *Revista Digital de Actividad Física y Deporte*, 6(1), 14-31. <https://revistas.udca.edu.co/index.php/rdafd/article/view/1420>

Ramos, D. J., Andreu, L., Martínez, A., & Rubio, J. Á. (2021). Effects of resistance circuit-based training on body composition, strength and cardiorespiratory fitness: A systematic review and meta-analysis. *Biology*, 10(5), 377. <https://doi.org/10.3390/biology10050377>

Ringbäck, G., Eliasson, M., & Rosén, M. (2008). Underweight, overweight and obesity as risk factors for mortality and hospitalization. *Scandinavian Journal of Public Health*, 36(2), 169–176.

Rosenthal, R., & Rosnow, R. L. (2008). *Essentials of Behavioral Research: Methods and Data Analysis* (3rd ed.). McGraw-Hill.

Schumann, M., Feuerbacher, J. F., & Sünkeler, M. (2022). Compatibility of concurrent aerobic and strength training for skeletal muscle size and function: An updated systematic review

- and meta-analysis. *Sports Medicine*, 52, 601–612. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01587-7>
- Seidell, J. C., Verschuren, W. M. M., Van Leer, E. M., & Kromhout, D. (1996). Overweight, underweight, and mortality: A prospective study of 48,287 men and women. *Archives of Internal Medicine*, 156(9), 958–963. <https://jamanetwork.com/journals/jamainternalmedicine/article-abstract/621903>
- Shamim, B., Devlin, B. L., Timmins, R. G., et al. (2018). Adaptations to concurrent training in combination with high protein availability: A comparative trial in healthy, recreationally active men. *Sports Medicine*, 48, 2869–2883. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0999-9>
- Suarez, P. F., Avella, R. E., & Medellín, J. P. (2013). Comparación de las fórmulas indirectas y el método de Kraemer y Fry para la determinación de la fuerza dinámica máxima en press banco plano. *Archivos de Repositorio Institucional UDCA*. <https://www.efdeportes.com/efd176/la-fuerza-dinamica-maxima-en-press-banco-plano.htm>
- Vega, G. B., & Rico, M. G. (2019). Tejido adiposo: función inmune y alteraciones inducidas por obesidad. *Revista Alergia México*, 66(3), 340-353. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-91902019000300340&lng=es
- Vernon, R. G., Houseknecht, K. L., & Cronje, P. B. (2000). *Adipose tissue: Beyond an energy reserve*. CABI Publishing eBooks, 171-186.

Wisbaum, W. (2011). La desnutrición infantil: Causas, consecuencias y estrategias para su prevención y tratamiento. UNICEF España.

<https://repositorio.minedu.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12799/3713/La%20desnutrici%C3%B3n%20infantil%20causas%20consecuencias%20y%20estrategias%20para%20su%20prevenci%C3%B3n%20y%20tratamiento.pdf?sequence=1>