

Efectos del HIIT sobre la Condición Física y el Rendimiento Deportivo en Corredores de Media Distancia de 800 y 1500 m de Para Atletismo: Un Estudio de Caso

Effects of HIIT on Physical Condition and Sports Performance in 800 and 1500 m Middle Distance Runners of Para Athletics: A Case Study

Cristian Alexis Lasso-Quilindo, Luz Marina Chalapud-Narváez, Juan Esteban Medina-López, Ezequiel David García-Mantilla

Corporación Universitaria Autónoma del Cauca (Colombia)

Resumen. El entrenamiento Interválico de Alta Intensidad (HIIT) es un método de entrenamiento comúnmente empleado en corredores de media distancia a causa de las adaptaciones sobre el metabolismo oxidativo y glucolítico, el sistema cardiovascular y en las fibras neuromusculares, lo que conlleva a un aumento del rendimiento atlético. *Objetivo:* Determinar los efectos del HIIT sobre la condición física y el rendimiento deportivo en corredores de media distancia de 800 y 1500 m de Para Atletismo. *Materiales y métodos:* Estudio cuasiexperimental no controlado desde un estudio de caso; se seleccionó una muestra no probabilística intencional de cuatro atletas masculinos ($23,25 \pm 7,27$ años; $175,25 \pm 3,35$ cm; $62,10 \pm 1,84$ kg) de 800 y 1500 m de clase T13, T38 y T46-T47. Los participantes realizaron 3 sesiones semanales durante 12 semanas de entrenamiento HIIT; el entrenamiento fue guiado con la velocidad aeróbica máxima (VAM) y se monitorizó la respuesta de la frecuencia cardíaca (FC) y la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE). El análisis de los datos se realizó con el Software SPSS 24.0, utilizando estadística descriptiva, la prueba t-Student para muestras emparejadas y la prueba de Wilcoxon en la variable consumo máximo de oxígeno ($VO_{2m\acute{a}x}$); también se presentan las diferencias porcentuales entre el pretest y posttest. *Resultados:* Se observaron cambios significativos ($p \leq 0.05$) en los tiempos parciales de 200 y 400 m durante la prueba de 1000 m, en el test Sit and Reach y en la potencia muscular. *Conclusión:* El HIIT demostró ser efectivo para mejorar el rendimiento en 200 y 400 m, además se observaron cambios numéricos positivos en las variables de condición física y en el sprint de 20 m.

Palabras Clave: Para Atletismo, para-deporte, HIIT, $VO_{2m\acute{a}x}$, carreras de media distancia, rendimiento deportivo.

Abstract. High Intensity Interval Training (HIIT) is a training method commonly used in middle-distance runners due to adaptations on oxidative and glycolytic metabolism, the cardiovascular system and neuromuscular fibers, which leads to an increase in athletic performance. *Objective:* To determine the effects of HIIT on fitness and athletic performance in Para Athletics middle distance runners of 800 and 1500 m. *Materials and methods:* A non-controlled quasi-experimental study based on a case study was selected, selecting an intentional non-probabilistic sample of four male athletes (23.25 ± 7.27 years; 175.25 ± 3.35 cm; 62.10 ± 1.84 kg) of 800 and 1500 m of class T13, T38 and T46-T47. Participants performed 3 weekly sessions for 12 weeks of HIIT training; training was guided with maximal aerobic speed (MAV) and heart rate (HR) response and subjective perception of effort (RPE) were monitored. Data analysis was performed with SPSS 24.0 software, using descriptive statistics, the Student's t-test for paired samples, and the Wilcoxon test for maximal oxygen consumption (VO_{2max}); the percentage differences between the pretest and posttest are also presented. *Results:* Significant changes ($p \leq 0.05$) were observed in the 200 and 400 m split times during the 1000 m test, in the Sit and Reach test and in muscle power. *Conclusion:* HIIT was shown to be effective in improving performance in 200 and 400 m, and positive numerical changes were observed in the variables of physical fitness and in the 20 m sprint.

Keywords: Para-Athletics, para-sport, HIIT, VO_{2max} , middle-distance running, sport performance.

Fecha recepción: 18-10-23. Fecha de aceptación: 23-04-24

Cristian Alexis Lasso-Quilindo
cristianlasso96@gmail.com

Introducción

El Para Atletismo es un deporte popular en los Juegos Paralímpicos, practicado por deportistas que cumplen con los criterios mínimos de una discapacidad elegible para clasificar y competir en una clase deportiva con atletas que tienen deficiencias similares (International Paralympic Committee, 2015; World Para Athletics, 2023). Este para deporte incluye pruebas de pista (clase T11-T64), como carreras de velocidad, relevos, carreras de media y larga distancia; eventos de campo (clase F11-F64), que abarcan pruebas de salto y lanzamientos; y la maratón (clase T12 y T54), que es una carrera de larga distancia en circuito abierto (World Para Athletics, 2023). Es importante destacar que los atletas con discapacidad visual son acompañados por un guía vidente, mientras que los atletas con discapacidad física (amputados) utilizan prótesis o una silla de ruedas durante las competiciones (World Para Athletics, 2022).

La clasificación funcional en el Para Atletismo es crucial

tanto para el entrenador como para el deportista, ya que proporciona información sobre la clase deportiva en la que competirán. Esto permite establecer programas de entrenamiento periodizados y monitorizados sistemáticamente que se ajustan a las características de la discapacidad y a las demandas fisiológicas exigidas en la prueba (Lasso-Quilindo & Chalapud-Narváez, 2024). Por lo tanto, los para atletas clasificados en carreras de media distancia deben completar recorridos en el menor tiempo posible, cubriendo distancias que van desde sobre 800 hasta 3000 m planos (Barbosa et al., 2022). En estas carreras los deportistas exhiben una secuencia cíclica y coordinada de movimientos biomecánicos (técnica y economía de carrera) y neuromusculares (energéticos), que en conjunto facilitan el desarrollo de altas velocidades, cambios de ritmo y aceleraciones durante la competición (Buchheit & Laursen, 2013; De Freitas et al., 2018). Las carreras de media distancia de 800 y 1500 m implican demandas fisiológicas, cardiovasculares y neuromusculares, incluyendo el reclutamiento de fibras de

contracción rápida (tipo IIa-IIx), y energéticas, con la contribución del metabolismo oxidativo (800 m: 60-75%; 1500 m: 75-80%) y glucolítico (800 m: 25-40%; 1500 m: 15-25%) (Barbosa et al., 2022; Haugen et al., 2021). Una situación que no está completamente clara en los estudios científicos es si la carga de trabajo debe basarse en los modelos y métodos de entrenamiento, o en las demandas fisiológicas de la competición, para obtener el tipo de entrenamiento adecuado e idóneo y sus efectos en la condición física y el rendimiento deportivo (Granados et al., 2016; Gutiérrez-Conejo et al., 2024). En este contexto, el entrenamiento HIIT es un método de resistencia que reduce el volumen de entrenamiento y prioriza la intensidad, ya que contribuye al aumento de la capacidad aeróbica ($VO_2\text{máx}$), así como de las reservas energéticas del metabolismo aeróbico y anaeróbico, la potencia muscular y el rendimiento atlético en corredores convencionales de 800 y 1500 m (Billat et al., 2009; Buchheit & Laursen, 2013; Haugen et al., 2021).

Estudios con corredores de media distancia han demostrado efectos positivos del HIIT sobre el rendimiento deportivo, reduciendo el tiempo empleado para cubrir los 800 y 1500 m (Buchheit & Laursen, 2013). Fisiológicamente, las adaptaciones centrales del sistema cardiovascular se reflejan en incrementos del $VO_2\text{máx}$, el ensanchamiento de la cámara del ventrículo izquierdo y el aumento del volumen sistólico (Collados-Gutiérrez & Gutiérrez-Vilahú, 2023). Las adaptaciones periféricas ocurren en el músculo esquelético a través del suministro y transporte de oxígeno, favoreciendo el metabolismo oxidativo y glucolítico. Esto se debe a que en el método HIIT prevalece una alta intensidad sobre un volumen menor, en comparación con el entrenamiento continuo, donde el volumen es elevado y la intensidad moderada (Bonet et al., 2020; Gurrute-Quintana et al., 2023; Sanabria et al., 2024).

El HIIT se caracteriza por emplear una carga de entrenamiento distribuida en intervalos muy cortos, cortos, medios y largos de ejercicios de alta intensidad, alcanzando el 80-100% de la frecuencia cardíaca de entrenamiento (FCE), alternados con periodos completos o incompletos de recuperación de menor intensidad (García-Flores et al., 2023; Kumari et al., 2023; Mateo-Gallego et al., 2022). El volumen e intensidad en los protocolos de intervalos largos es de 2 a 4-6 minutos (85-100% del $VO_2\text{máx}$), los intervalos medios de 90 segundos (90-100% del $VO_2\text{máx}$) y los intervalos cortos y muy cortos de 10 a 60 segundos (100-115% del $VO_2\text{máx}$) (Buchheit & Laursen, 2013; Warr-di Piero et al., 2018), combinados con intervalos de recuperación de 40-60% del $VO_2\text{máx}$ o 40-50% de la frecuencia cardíaca (FC) (Rønnestad et al., 2020; Zafeiridis et al., 2015).

El HIIT se promueve y utiliza con personas con discapacidad debido a su factibilidad y eficacia en el tiempo, lo que

favorece cualidades fisiológicas del sistema aeróbico y anaeróbico (Lasso-Quilindo & Chalapud-Narváez, 2024; Zwinkels et al., 2019). Además, se emplea en deportes paralímpicos como el rugby en silla de ruedas, donde se investiga la influencia de ejercicios de sprint con intensidades del 20 al 100% de la velocidad máxima y la biomecánica en una silla ruedas ergométrica (Briley et al., 2023). También se utiliza en paracycling, donde un estudio buscó examinar la viabilidad de 6 semanas de HIIT con ejercicios en un ergómetro de mano distribuidos en 10 intervalos de 1 minuto al 90% por 1 minuto de recuperación entre el 0 y el 20% de la producción de potencia máxima (Koontz et al., 2021). Es decir, se han identificado cambios en la condición física, como en la composición corporal, aumento del $VO_2\text{máx}$, potencia muscular y optimización del rendimiento deportivo, con la reducción en el tiempo en pruebas de contrarreloj y en sprint de 5 a 30 m (Briley et al., 2023; Koontz et al., 2021).

Sin embargo, en una revisión teórica de la literatura (Lasso-Quilindo & Chalapud-Narváez, 2024) sobre el HIIT en deportistas paralímpicos, no se encontraron investigaciones previas en el campo del Para Atletismo que hayan buscado analizar los efectos del entrenamiento HIIT en deportistas de carreras de media distancia, lo que hace relevante el presente estudio. Por lo tanto, el objetivo de estudio fue determinar los efectos del HIIT sobre la condición física y el rendimiento deportivo en corredores de media distancia de 800 y 1500 m de Para Atletismo.

Materiales y métodos

Diseño del estudio

El estudio se posiciona desde un enfoque cuantitativo con un diseño cuasiexperimental de tipo analítico de corte longitudinal (Hernández-Sampieri et al., 2014), realizado con deportistas de la Liga Caucaña de Para Atletismo en Colombia. Las variables dependientes fueron la condición física junto con el rendimiento deportivo, y la variable independiente fue el programa de entrenamiento HIIT.

Participantes

Se utilizó una muestra no probabilística intencional a conveniencia conformada por cuatro atletas masculinos de carreras de media distancia (23,25±7,27 años; 175,25±3,35 cm; 62,10±1,84 kg), quienes aceptaron participar voluntariamente en el estudio. Los atletas están inscritos a la Liga Caucaña de Para Atletismo, tienen discapacidad visual (n=1, clase deportiva: T13, pruebas 400, 800, 1500 y 5000 m), discapacidad física (n=1, clase deportiva: T46-T47, pruebas 800 y 1500 m) y parálisis cerebral (n=2, clase deportiva: T38, pruebas 800 y 1500 m). En la tabla 1 se presentan las características principales de los para atletas.

Tabla 1.
Características descriptivas de los para atletas antes y después del programa HIIT.

Composición Corporal	Clase T13 (n=1)			Clase T46-T47 (n=1)			Clase T38 (n=2)			Todas las clases (n=4)			
	Pre	Post	Δ	Pre	Post	Δ	Pre	Post	Δ	Pre	Post	Δ	p
Peso (kg)	62,5	63,6	1,76	64,4	65,3	1,39	60,75	60,80	0,08	62,10	62,62	0,83	,191
IMC (kg/m ²)	21,12	21,49	1,75	20,79	21,08	1,39	19,53	19,55	0,10	20,24	20,42	0,88	,184
Grasa Corporal (%)	6,8	7,9	16,17	6,4	7,2	12,5	6,5	6,1	6,15	6,55	6,82	4,12	,544
Masa Muscular (%)	55,3	55,6	0,54	57,2	57,5	0,52	53,95	54,20	0,46	55,10	55,37	0,49	,232
Metabolismo basal	3602	3626	0,66	3612	3630	0,49	3565	3536	0,81	3565	3582	0,47	,218

Pre: Pretest; Post: Postest; Δ: Porcentaje de cambio; Kg: Kilogramos; IMC: Índice de masa corporal; %: Porcentaje; Metabolismo basal: Calorías requeridas para mantener funciones vitales.

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Cauca (Colombia) mediante resolución No. 011 de 2023. A los deportistas se les explicó el objetivo de la investigación, se les informó y familiarizó con los procedimientos, así como con los riesgos y beneficios, y tuvieron la libertad de retirarse del experimento en cualquier momento. Firmaron el consentimiento informado, respetando los parámetros éticos propuestos por la Declaración de Helsinki, la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud y la Ley de Protección de datos 1581 de 2012 de Colombia.

Procedimientos

El estudio se llevó a cabo durante un periodo de 14 semanas, dividiendo la primera semana para el pretest y la última semana para el postest, con una duración total del programa HIIT de 12 semanas. Las pruebas se realizaron en el mismo lugar y horario, bajo condiciones climáticas constantes (23°C), con el propósito de evaluar la composición corporal, la capacidad aeróbica (VO₂máx), la potencia muscular, la flexibilidad y la medición del rendimiento en el sprint de 20 m y una carrera de 1000 m en una pista de atletismo reglamentaria (400 m).

Pruebas de referencia

Las mediciones se llevaron a cabo antes y después de las 12 semanas de intervención, durante la primera y última semana de investigación. Se realizaron en tres días diferentes, con 48 horas de descanso para evitar la influencia de la fatiga. Se pidió a los deportistas que no realizaran actividades intensas antes de cada evaluación, que mantuvieran su dieta habitual y que bebieran abundante líquido 24 horas antes de cada prueba para mantener una adecuada hidratación. Los deportistas realizaron un calentamiento estandarizado durante 30 minutos tanto para las pruebas de referencia como para las sesiones de entrenamiento. Este incluyó ejercicios de movilidad articular desde los tobillos hasta el cuello, seguido de un trote moderado de 2 km (intensidad 50-60% de la VAM), estiramientos dinámicos y ejercicios focalizados en la técnica de carrera con desplazamientos de 50 m. Esto contribuyó a mejorar la flexibilidad, elevar la temperatura corporal, mitigar el riesgo de lesiones y perfeccionar la ejecución técnica durante la sesión de trabajo. Similarmente, en la fase final los deportistas realizaron 1 km de carrera continua al 40% de la VAM, seguido de una serie de ejercicios de estiramiento estático de 30 segundos sobre

varios grupos musculares, principalmente de los miembros inferiores.

-*Composición Corporal*: Inicialmente, se solicitó a los participantes que vaciaran su vejiga para evitar que los fluidos corporales alteraran los resultados de la impedancia eléctrica. La talla se midió utilizando una cinta métrica mecánica (Seca 206, Alemania), mientras que el peso y los tejidos corporales se evaluaron por medio de impedancia eléctrica (Tecnología de OMRON Healthcare, balanza OMRON modelo HBF-514C, Japón). En el método de impedancia eléctrica, los sujetos debían subirse a la plataforma de medición descalzos, con ropa ligera y sin objetos metálicos, y colocar los pies en los electrodos base. Luego, desde una posición erguida, sostenían otro electrodo con las manos (y los brazos extendidos frente al pecho). Estos electrodos envían una corriente eléctrica de 50 kHz a través del cuerpo (Molano-Tobar et al., 2021).

-*Test de Sit and Reach*: La flexibilidad de la espalda baja y de los músculos isquiotibiales se evaluó con el Test de Sit and Reach. En este test, los deportistas se sentaron con las piernas extendidas hacia adelante y los pies separados al ancho de los hombros, tocando un cajón. Luego, con las manos debían desplazar el medidor del cajón lo más lejos posible durante 5 segundos. Los participantes realizaron el protocolo tres veces, con 30 segundos de recuperación entre cada ejecución, y se tuvo en cuenta el mejor resultado para el análisis (Picabea et al., 2017).

-*Capacidad Aeróbica*: Para determinar el consumo máximo de oxígeno (VO₂máx indirecto), se realizó un test incremental continuo (prueba escalonada) en un tapiz rodante (banda trotadora Montpellier Sportfitness, Colombia). La velocidad de la prueba aumentaba 1 km/h cada minuto, mientras que la inclinación se incrementaba 2° cada 2 minutos en el tapiz rodante. La prueba comenzaba en el primer escalón a una velocidad de 6 km/h y una inclinación de 0°. Después del primer minuto, la velocidad permanecía constante y la inclinación aumentaba 2°; posteriormente, la velocidad aumentaba 1 km/h (7 km/h) mientras que la inclinación se mantenía. Este incremento progresivo en la carga se llevaba a cabo hasta que el deportista no pudiera mantener o tolerar la carga de trabajo. Durante este protocolo, se monitorizó la FC cada minuto y la FCmáx utilizando un transmisor del pulso (H10, Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia) colocado alrededor del pecho del atleta. Este sensor de pulso enviaba señales de FC al pulsómetro (Ignite 2, Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia).

Además, se registraba la velocidad y el grado de inclinación final para calcular el VO_2 máx indirecto (mL/kg/min) utilizando la fórmula $VO_2\text{máx}=(\text{velocidad final(m/min)}\cdot 0,17+\text{grado de inclinación}\cdot 0,79)+3,5$, la cual ha sido validada en investigaciones previas (Kokkinos et al., 2017; Warr-di Piero et al., 2018). Al finalizar la prueba, se registraba la FC a los 3 minutos para observar la recuperación.

-Potencia Muscular: La medición del rendimiento neuromuscular se llevó a cabo utilizando el sensor fotoeléctrico OptoGait (Microgate, Bolzano, Italia), el cual ha sido utilizado en estudios anteriores (Patiño-Palma et al., 2022). Este sistema óptico de recolección de datos consta de una barra óptica transmisora que contiene LEDs infrarrojos y una barra receptora que mide la altura, el tiempo de vuelo y el contacto durante la ejecución de los saltos. Se emplearon tres tipos de saltos verticales: el CMJ, SJ y Drop Jump de 15 y 30 cm para determinar la altura y la potencia del salto en diferentes fases (Bosco et al., 1983).

El CMJ se realizó para analizar las fases excéntrica, isométrica y concéntrica. Durante la ejecución, se solicitó a los deportistas que, desde una posición erguida con las manos sobre las caderas, realizaran un salto hacia arriba mediante una flexión de rodillas a 90° ; seguida rápidamente de una extensión de piernas, evitando que el tronco se flexionara durante la fase de vuelo.

El SJ evalúa la potencia muscular sin el uso de energía elástica, eliminando la fase excéntrica. En este, el deportista en posición erguida, se sitúa en una sentadilla con las rodillas flexionadas a 90° y las manos en las caderas durante 5 segundos para eliminar la fuerza elástica, y al recibir la señal ejecuta un salto lo más alto posible.

El Drop Jump mide la capacidad de sistema neuromuscular para amortiguar la fuerza de impacto de la caída y convertirla en una respuesta explosiva para el salto vertical. El deportista parte de una altura de 15 y 30 cm con los brazos libres, desde donde se deja caer al suelo y despega lo más rápido posible.

Para cada salto, se realizaron 3 ejecuciones alternadas con 1 minuto de recuperación entre cada uno, y se incluyó el mejor resultado para el análisis. Se otorgaron 5 minutos de recuperación para pasar del salto CMJ al salto SJ, y de manera similar para los saltos SJ y Drop Jump de 15 y 30 cm (Corredor-Serrano et al., 2023).

-Rendimiento Deportivo: La prueba de 1000 m planos se

llevó a cabo en una pista de atletismo reglamentaria, donde se registró la FC máx y el tiempo parcial a los 200, 400, 600, 800 y 1000 m. Estos tiempos fueron tomados por un asistente para cada atleta, ya que realizaron la prueba juntos para simular la competencia. Antes de iniciar la prueba, los para atletas realizaron un calentamiento estandarizado. Luego, cada deportista se ubicó en un carril y se les solicitó que cubrieran este recorrido en el menor tiempo posible. Los datos recopilados en esta prueba se utilizaron para planificar y ajustar las cargas de entrenamiento individuales mediante la VAM (m/seg) (Balasekaran et al., 2023). En cuanto al sprint de 20 m, los para atletas debían completar la prueba lo más rápido posible. Los deportistas realizaron un intento y el tiempo fue registrado de manera manual mediante un cronómetro (Marca M6500, Miyagi).

Programa de entrenamiento

La programación y dosificación de la carga del entrenamiento se realizaron en conjunto con los entrenadores de los para atletas y fue enviada a evaluación a pares expertos con trayectoria en el campo a nivel nacional e internacional para recibir asesoría y recomendaciones sobre el volumen, intensidad y ejercicios aplicados con el método HIIT. Se utilizó el modelo periodización clásica de Matveev, con una frecuencia semanal de 3 sesiones (36 sesiones) durante 4 mesociclos, 12 microciclos, y cada unidad de entrenamiento tuvo una duración de 90 minutos.

La dosificación de la carga de entrenamiento externa se estableció utilizando la VAM (m/seg) obtenida en los 1000 m y se distribuyó en 4 zonas de entrenamiento (Zona 1: 40-65% VAM; Zona 2: 70-80% VAM; Zona 3: 85-100% VAM; Zona 4: 105-120% VAM). Además, se utilizó la FC máx que se midió en la prueba de esfuerzo en tapiz rodante, donde se establecieron 5 zonas de entrenamiento (Zona 1: 50-60% FC máx; Zona 2: 60-70% FC máx; Zona 3: 70-80% FC máx; Zona 4: 80-90% FC máx; Zona 5: 90-100% FC máx).

La tabla 2 presenta las sesiones HIIT que dieron inicio a la intervención, especialmente la dosificación de la fase central (30 min). Se emplearon diferentes tipos de HIIT, como el HIIT largo (dos microciclos corrientes), HIIT medio (un microciclo corriente y dos microciclos de choque), HIIT corto (un microciclo de choque y dos microciclos de aproximación) y HIIT muy corto (tres microciclos de aproximación y un microciclo pre-competitivo).

Tabla 2.
Ejecución de las sesiones HIIT

HIIT largo	HIIT medio
Sesiones: 2, ejercicio: carrera Volumen: 1 serie x 4 rep x 6 min - Intensidad: 85%VAM Recuperación: 300m trotando 65%VAM	Sesiones: 3, ejercicio: carrera Volumen: 2series x 5 rep x 300m - Intensidad: 95%VAM Recuperación: micro de 300m 65%VAM y macro de 2 min.
Sesiones: 2, ejercicio: carrera Volumen: 2 series x 4 rep x 1000m - Intensidad: 85%VAM Recuperación: micro FC =<130 ppm y macro FC<100 ppm	Sesiones: 3, ejercicio: carrera Volumen: 2 series x 4 rep x 600m - Intensidad: 95%VAM Recuperación: micro de 600m 65%VAM y macro de 3 min.
Sesiones: 2, ejercicio: carrera Volumen: 2 series x 5 rep x 800m - Intensidad: 85%VAM Recuperación: micro de 40seg y macro de 3 min.	Sesiones: 3, ejercicio: carrera en pendiente de 15° Volumen: 2 series x 4 rep x 1 min - Intensidad: 95%VAM Recuperación: micro de 1 min y macro de 3 min.
HIIT corto	HIIT muy corto
Sesiones: 3, ejercicio: carrera Volumen: 2 series x 3 rep x 300m - Intensidad: 120%VAM Recuperación: micro 2 min trotando 65% VAM y macro de 5 min.	Sesiones: 4, ejercicio: carrera Volumen: 2 series x 4 rep x 15seg - Intensidad: 120% VAM Recuperación: micro 4 min y macro de 7 min.

Sesiones: 3, ejercicio: carrera

Volumen: 2 series x 3 rep x 25seg - Intensidad: 95%VAM

Recuperación: micro 2 min trocando 65%VAM y macro de 5 min.

Sesiones: 3, ejercicio: carrera en pendiente de 35°

Volumen: 2series x 4 rep x 15seg - Intensidad: 100%VAM

Recuperación: micro de 1:30 min y macro de 3:20 min.

Sesiones: 4, ejercicio: carrera

Volumen: a. 4 rep x 20m, b. 3 rep x 50m, c. 2 rep x80m, d. 1 rep x 100m - Intensidad: 120%VAM

Recuperación: a. micro 2 min para 4 rep x20m y macro de 3 min, b. micro 3 min para 3 rep x 50m y macro de 5 min, c. micro 4 min para 2 rep x 80m y macro de 5 min

Sesiones: 4, ejercicio potencia muscular, pliometría y carrera.

Volumen: a. 3 series x 5rep de ejercicios pliométricos en vallas, b. 3series x 15seg de 3 ejercicios funcionales de fuerza y c. carrera de 2 series x (3 rep x 15sg x 2 rep x 30seg) - Intensidad: 95% FC y 100%VAM

Recuperación: a. micro de 1 min para 3 series de ejercicios pliométricos y macro de 3 min, b. micro de 1 min para 3 series x 15sg de fuerza y macro de 3 min, c. micro de 4 min para carrera de 2 series x (3 rep x 15sg x 2 rep x 30seg)

Serie: número de veces que se hace una repetición; rep: número de veces que se repite un ejercicio; VAM: Velocidad Aeróbica Máxima; FC: Frecuencia Cardíaca; m: metros; min: minutos; seg: segundos; macro: macropausa, tiempo de recuperación entre series; micro; micropausa, tiempo de recuperación entre repetición, x: por, serie de trabajo por repetición por tiempo o distancia.

Durante los entrenamientos se registró continuamente la respuesta fisiológica de la FC con un sensor de pulso de banda de pecho enlazado a un pulsómetro, y se solicitó a los deportistas otorgar su percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) con la escala BORG de 0 a 10, una vez finalizada la fase central, siendo 0 poco intenso y 10 muy intenso (Bellinger et al., 2020; Fernández et al., 2024). Para todo el estudio, se contó con la presencia de los entrenadores encargados de los para atletas, una fisioterapeuta, un preparador físico y un metodólogo del Instituto Departamental de Deportes del Cauca – Indeportes Cauca.

Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos se realizó con el Software SPSS (V. 24.0, licencia Corporación Universitaria Autónoma del Cauca). Se comprobó el supuesto de normalidad de los datos con la prueba Shapiro Wilks; por tanto, se aplicó la prueba paramétrica t-Student para muestras emparejadas en las variables de composición corporal, condición física y rendimiento deportivo. Excepto en el caso de la variable VO₂máx, para la cual se empleó la prueba no paramétrica de Wilcoxon. Además, se incluyó el porcentaje de

cambio (Δ) obtenido del pretest al postest. Para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas, se tuvo un valor de $p \leq 0.05$ como referencia.

Resultados

Después del periodo de entrenamiento HIIT, todos los para atletas completaron el estudio al realizar el postest. La tabla 3 presenta los datos descriptivos de las respuestas de la condición física (VO₂máx, flexibilidad y potencia muscular) antes y después de 12 semanas de HIIT. Todas las variables evaluadas mostraron normalidad estadística, excepto la variable VO₂máx. En la prueba de VO₂máx se destaca un cambio numérico positivo en los participantes, reflejado en la respuesta fisiológica de la FC durante el test y transcurridos 3 minutos. En la prueba de flexibilidad de la espalda baja, se observa una media positiva. En cuanto al protocolo de potencia muscular, se destaca que el promedio y la significancia estadística de los para atletas mostraron un mayor rendimiento en los saltos CMJ, SJ y Drop Jump de 15 y 30 cm.

Tabla 3.

Resumen de los datos de la condición física.

Protocolo de Condición Física	Clase T13 (n=1)			Clase T46-T47 (n=1)			Clase T38 (n=2)			Todas las clases (n=4)			
	Pre	Post	Δ	Pre	Post	Δ	Pre	Post	Δ	Pre	Post	Δ	p
Capacidad aeróbica													
VO ₂ Máx (mL/kg/min)	56,53	59,65	5,51	53,41	59,65	11,68	50,29	56,53	12,40	52,53	58,09	10,58	,059*
FC Reposo (ppm)	54	59	9,25	60	54	-10	58,50	58,50	0	56,25	57,50	2,22	,391
FC Máxima (ppm)	194	204	5,15	178	189	6,17	192,50	193	0,25	189,25	194,75	2,90	,171
FC 3 min (ppm)	131	133	1,52	120	130	8,33	125	128	2,4	125,25	129,75	3,59	,098
Flexibilidad													
Sit and Reach (cm)	18,3	21,3	16,39	20	26	30	34,60	37,00	6,93	26,87	30,32	12,88	,031*
Potencia muscular													
CMJ													
Altura (cm)	42,5	52,3	23,05	27	34,3	27,03	36,85	47,55	29,03	35,80	45,42	26,87	,018*
Tiempo de vuelo (seg)	0,589	0,653	10,86	0,469	0,529	12,79	0,546	0,618	13,18	0,537	0,604	12,47	,008*
SJ													
Altura (cm)	35,2	40	13,63	25,5	37,1	45,49	33,80	43,40	28,40	32,07	40,97	27,75	,012*
Tiempo de vuelo (seg)	0,536	0,571	6,52	0,456	0,550	20,61	0,524	0,593	13,16	0,510	0,577	13,13	,013*
Drop Jump 15 cm													
Altura (cm)	30,8	33	7,14	11,9	26,2	120	16,50	26,30	59,39	18,92	27,95	47,72	,042*
Tiempo de vuelo (seg)	0,501	0,519	3,59	0,311	0,462	48,55	0,366	0,463	26,50	0,386	0,476	23,31	,050*
Potencia (W/Kg)	29,39	34,5	17,38	14,34	30,18	110	20,55	31,43	52,94	21,21	31,88	50,30	,017*
Drop Jump 30 cm													
Altura (cm)	31,8	43,1	35,53	18,7	30,5	63,10	18,50	31,20	68,64	21,87	34,00	55,46	,002*
Tiempo de vuelo (seg)	0,509	0,593	16,50	0,391	0,499	27,62	0,388	0,506	30,41	0,419	0,526	25,53	,004*
Potencia (W/Kg)	38,41	38,27	-0,36	20,54	31,56	53,65	24,76	36,96	49,27	27,11	35,94	32,57	,066

Pre: Pretest; Post: Posttest; Δ : Porcentaje de cambio; Cm: centímetros; Kg: Kilogramos; Seg: Segundos; VO₂Máx: consumo máximo de oxígeno; ppm: pulsaciones por minuto; *diferencias significativas ($p \leq 0,05$); ^a Prueba de Wilcoxon.

En la tabla 4, se presentan los valores del rendimiento deportivo expresados en segundos para el sprint de 20 m y la carrera de 1000 m, de la cual se tomaron los tiempos parciales a los 200, 400, 600, 800 y 1000 m. También se muestran los resultados de la FC durante la prueba y transcurridos 3 minutos postest, junto con el registro de la VAM al

finalizar el test. En general, se observó una disminución en los tiempos tanto en el sprint de 20 m (3,55 seg vs 3,33 seg) como en la prueba de 1000 m (167,94 seg vs 167,67 seg). No obstante, en esta última prueba, solo se encontraron diferencias significativas en los tiempos parciales de 200 m ($p=,045$) y 400 m ($p=,012$).

Tabla 4. Resumen datos de rendimiento deportivo en sprint de 20 m y 1000 m planos.

Rendimiento Deportivo	Clase T13 (n=1)			Clase T46-T47 (n=1)			Clase T38 (n=2)			Todas las clases (n=4)			
	Pre	Post	Δ	Pre	Post	Δ	Pre	Post	Δ	Pre	Post	Δ	p
Rendimiento en velocidad													
Sprint de 20 m (seg)	3,1	3,02	2,58	4	3,56	11	3,56	3,37	5,33	3,55	3,33	6,19	,072
Rendimiento en 1000 m (seg)													
200 m	30,71	28,00	8,82	31,78	29,79	6,26	31,85	30,35	4,70	31,55	29,63	6,08	,045*
400 m	63,30	58,16	8,37	64,19	62,20	3,10	65,72	61,97	5,70	64,73	61,07	5,65	,012*
600 m	96,74	90,25	6,70	98,48	97,59	0,90	100,41	97,32	3,07	99,01	95,62	3,42	,061
800 m	129,65	123,35	4,85	132,44	134,01	1,18	135,65	134,43	0,89	133,35	131,55	1,34	,355
1000 m	163,02	157,04	3,66	167,45	169,47	1,20	170,65	172,08	0,83	167,94	167,67	0,16	,896
FCMáx (ppm)	186	179	3,76	176	175	0,56	183,50	186	1,36	182,25	181,50	0,41	,781
FCpost 3min (ppm)	126	113	10,31	110	105	4,54	117,50	113,50	3,40	117,75	111,25	5,52	,080
VAM (m/seg)	6,13	6,37	3,91	5,99	5,92	1,16	5,89	5,84	0,84	5,97	5,99	0,33	,829

Pre: Pretest; Post: Postest; Δ: Porcentaje de cambio; m: metros; min: minutos; Seg: Segundos; FCMáx 3 min: Frecuencia Cardíaca Máxima después de 3 minutos; pp/min: pulsaciones por minuto; VAM: Velocidad Aeróbica Máxima; *diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

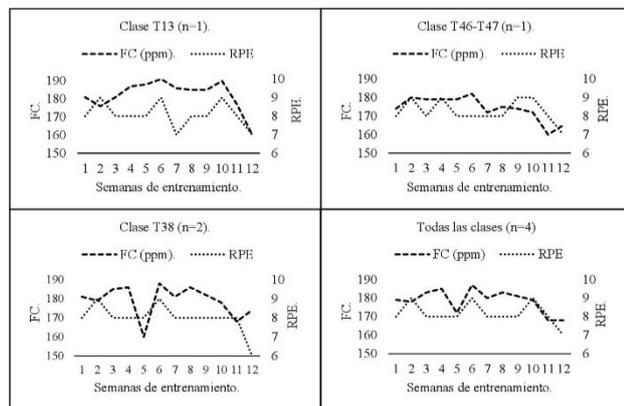


Figura 1. Respuesta de la FC y RPE durante 12 semanas de HIIT.

Por último, el gráfico 1 muestra la respuesta de la FC y la RPE de los para atletas después de haber sido sometidos a cargas de entrenamiento HIIT durante un periodo de las 12 semanas. Estas respuestas fisiológicas y perceptivas se presentan por clase deportiva y de manera general. De manera específica, los deportistas de clase T13 y T46-T47 muestran un mantenimiento de la FC durante el estudio; mientras que los deportistas de la clase T38 evidencian una respuesta variable, porque en la semana 2, 5, 7 y 11 la curva FC disminuye, luego de la semana 2 a 4 muestran un ligero aumento y de la semana 6 a 12 la curva presenta una disminución progresiva. La RPE en la semana 3 a 5 y de 7 a 8 es similar en los deportistas de las clases T13 y T38. Sin embargo, estos últimos desarrollan un mantenimiento prolongado de la semana 7 a 11. La clase T46-T47, en comparación con la clase T38, presenta una respuesta perceptiva similar en la semana 7 y 8; además, esta respuesta subjetiva es equivalente en la semana 9 a 10, aunque la respuesta de la clase T46-T47 es superior a la otorgada por la clase T38. En general, la FC tuvo un valor medio por encima de 160 ppm y la RPE osciló principalmente en una intensidad de

8/10 durante gran parte de la investigación, pero en la última semana del estudio, en todas las clases deportivas, disminuyó a 7/10.

Discusión

Este es el primer estudio que buscó determinar los efectos del HIIT sobre la condición física y el rendimiento deportivo en corredores de media distancia de 800 y 1500 m de Para Atletismo. Los hallazgos de la investigación actual muestran que se presentaron cambios numéricos mínimos en la composición corporal de los para atletas, los cuales fueron similares a los reportados en corredores de media distancia (Sánchez Muñoz et al., 2020) y en deportistas paralímpicos de Para Atletismo con parálisis cerebral, amputación en miembros superiores, estatura baja y discapacidad intelectual en cuanto a la edad, el peso corporal, IMC, la masa muscular, y solo se encontraron diferencias en la talla parado y masa grasa (Bermejo et al., 2018; Cherif et al., 2022). Sin embargo, no se encontró significancia estadística en la composición corporal después del entrenamiento HIIT en los para atletas, lo cual se debe a que la ingesta de alimentos e hidratación no fue controlada en este estudio. Individualmente, los deportistas T38 mostraron incremento del porcentaje de masa muscular, dicho aumento podría atribuirse a una adaptación muscular al esfuerzo de alta intensidad, coincidiendo con lo establecido en deportistas con lesión medular que incrementaron, aunque de forma no significativa, el tejido muscular (Ruiz et al., 2021).

Los hallazgos reportados aquí señalan que la condición física de los para atletas en cuanto al VO_2 máx obtuvo solo cambios numéricos positivos, pero no se encontraron diferencias significativas importantes junto con la FC reposo, la FCMáx y la FCpost-prueba en estudios similares con deportistas de paratriatlón (Stephenson et al., 2019). Estos resultados fueron mejores que los observados en estudios

anteriores (Cherif et al., 2022; Warr-di Piero et al., 2018). En este sentido, este estudio no pudo constatar la efectividad del entrenamiento HIIT sobre el VO_2 máx, esto puede ser debido a la intensidad elevada y duración de los intervalos, así como a la variación de la relación trabajo-descanso en los mesociclos y microciclos.

Los datos actuales indican una mejora significativa en la flexibilidad de la espalda baja y en la musculatura isquiosural. Esto se explica porque antes y después de la parte central de las sesiones HIIT se empleó un volumen elevado de ejercicios de estiramiento dinámico y estático respectivamente, con series de ejercicios de 30 segundos sobre varios grupos musculares y principalmente de los miembros inferiores. Por otra parte, en los resultados de las variables de potencia muscular de las extremidades inferiores, los saltos CMJ, SJ y Drop Jump de 15 - 30 cm mostraron aumentos significativos que coinciden con los reportados en otras investigaciones (Bachero-Mena, Pareja-Blanco, & González-Badillo, 2017; Bachero-Mena, Pareja-Blanco, Rodríguez-Rosell, et al., 2017; Cherif et al., 2022). Junto a lo anterior, el CMJ y SJ en este estudio fueron mejores que los reportados con deportistas con discapacidad visual (Pereira et al., 2016) y con corredores de media distancia de 800, 1500 y 3000 m (Jiménez-Reyes et al., 2022). Esto se respalda por los cambios significativos obtenidos durante el recorrido de los 200 y 400 m de la prueba de rendimiento de 1000 m. Los resultados obtenidos en los tiempos parciales en los 200 y 400 m de este estudio fueron significativos y similares a los encontrados con atletas paralímpicos T56 (De Macedo et al., 2020). No obstante, en esta misma investigación, los tiempos registrados en la prueba de 400 y 800 m fueron mejores que los hallazgos del presente experimento. En este estudio no se evidenciaron cambios estadísticos significativos en los tiempos parciales en los 600, 800 y 1000 m al final de la intervención. Asimismo, la VAM no indujo modificaciones estadísticamente considerables; incluso hubo un aumento en el tiempo en que los deportistas alcanzan el VO_2 máx durante la prueba de 1000 m.

Los hallazgos de la variable del sprint de 20 m presentaron una disminución en el tiempo empleado para este recorrido, que difiere de resultados previos (Bachero-Mena, Pareja-Blanco, & González-Badillo, 2017; Bachero-Mena, Pareja-Blanco, Rodríguez-Rosell, et al., 2017), donde se reportaron resultados numéricos positivos similares. Solo en dos estudios se mostró significancia estadística, uno de ellos en fútbol 7 con parálisis cerebral (Peña-González & Moya-Ramón, 2023) y con corredores de media distancia (Ramírez-Campillo et al., 2014). Es importante mencionar que todos los deportistas de este estudio realizaron trabajo de potencia muscular con ejercicios funcionales, saltos, pliometría y entrenamiento en pendiente en las últimas semanas del estudio, y siguieron las sesiones típicas del HIIT a lo largo de la preparación general y específica. Sin embargo, es crucial que en estudios futuros se implementen trabajos de fuerza específica y con movimientos olímpicos para encontrar diferencias significativas en las pruebas de 800, 1000 y 1500 m como se encontraron en deportistas de

media distancia de 800 m (Bachero-Mena, Pareja-Blanco, & González-Badillo, 2017; Bachero-Mena, Pareja-Blanco, Rodríguez-Rosell, et al., 2017). La respuesta fisiológica de la FCmáx durante la prueba de rendimiento y la FC post prueba evidenciaron un mantenimiento, pero se debe prestar atención a esta variable para cada clase deportiva.

El comportamiento y la respuesta de la carga de entrenamiento interna con métodos directos e indirectos para medir la FC y la RPE, respectivamente, es una alternativa que permite monitorizar la carga de entrenamiento externa propuesta desde la VAM y distribuida en la frecuencia, volumen, intensidad y duración a través de los diferentes protocolos HIIT. En consecuencia, este estudio presentó valores similares a lo reportado en estudios anteriores (Bonet et al., 2020). Esta información permite mostrar que, durante las primeras semanas del estudio, la FC y la RPE se mantienen constantes y presentan pocas variaciones para el HIIT largo y medio (primeros 5 microciclos), debido a que la intensidad y el volumen son moderados en los ejercicios de resistencia. Al inicio del HIIT corto (siguientes 3 microciclos), la FC y la RPE aumentan debido a que los deportistas tuvieron una mayor percepción de fatiga en comparación con los datos anteriores, esto se debe a las actividades basadas en ejercicios anaeróbicos, evidenciando un incremento de la intensidad, y posteriormente se genera una adaptación a la carga de entrenamiento, donde la curva de la respuesta fisiológica y perceptiva va en declive. En el HIIT muy corto (últimos 4 microciclos), la curva de la FC muestra un mantenimiento y la RPE disminuye. Esta respuesta puede ser debida a la intensidad utilizada con ejercicios explosivos, combinados con periodos de recuperación largos, lo que llevó a que los para atletas tuvieran una menor percepción de fatiga, como se deduce en la calificación de RPE.

En esta investigación no se produjeron cambios significativos, pero sí se observaron cambios numéricos positivos relevantes en las siguientes variables de la condición física: composición corporal, VO_2 máx, FC durante y posterior a la prueba en tapiz rodante, potencia del Drop Jump 30 cm y en la prueba de rendimiento deportivo en el sprint de 20 m y la carrera de 1000 m. Estos resultados se comparan con un estudio en para natación que empleó HIIT durante 8 semanas y solo presentó cambios numéricos, pero no significativos (Imparato et al., 2021). Los datos provenientes de esta investigación podrían explicarse por el tipo de método HIIT y la variación de la intensidad y volumen utilizados en los diferentes microciclos. Se empleó el HIIT durante 12 semanas con una frecuencia de entrenamiento de 3 sesiones semanales, resultados similares en dos estudios de 2 y 10 semanas en baloncesto en silla de ruedas que no mostraron cambios significativos en la condición física y aumentaron el tiempo para realizar el sprint de 20 m y sprint de 5 m con peso debido a la carga acumulada al final de la temporada competitiva (Granados et al., 2016; Iturricastillo et al., 2018).

Sin embargo, un estudio de 2 semanas en paratriatlón implementó entrenamiento intensificado, reportando cambios estadísticos sobre variables bioquímicas y perceptivas

(Stephenson et al., 2019). En una investigación en paracycling se produjeron mejoras en el VO_2 máx y en una contrarreloj de 14 kilómetros (Kim et al., 2017), similares a los obtenidos en otras investigaciones en fútbol con un equipo con parálisis cerebral que mostraron cambios significativos. Este estudio se llevó a cabo con la misma frecuencia semanal durante 55 semanas y emplearon una estrategia multilateral, que incluía el método HIIT junto con ejercicios específicos del deporte, entrenamiento continuo y trabajo de fuerza (Peña-González & Moya-Ramón, 2023). Quizás estas mejoras pueden atribuirse a la implementación del HIIT junto con otros métodos de entrenamiento continuos, en circuito y de fuerza.

Por otra parte, es importante destacar que el deportista de clase T13 fue el que mostró el mejor desempeño en la investigación, en gran parte de las pruebas de condición física y de rendimiento deportivo. Esto puede deberse a que su limitación (visual) no repercute en los sistemas cardiovascular, neuromuscular y metabólico (Lasso-Quilindo & Chalapud-Narváez, 2024), lo que garantiza mejores respuestas y adaptaciones fisiológicas propuestas desde la carga de entrenamiento interna y externa a través del método HIIT en comparación con los para atletas de clase T38 (parálisis cerebral) y T46-T47 (discapacidad física).

La presente investigación tiene limitaciones. En primer lugar, el pequeño tamaño de la muestra, además no incluir atletas femeninas, debido a la heterogeneidad de la población entre los para atletas, las clases deportivas y el tipo de discapacidad. Esto se debe a la dificultad y complejidad de acceder a los deportistas, dadas las características especiales que poseen. Otra limitación del estudio es la duración del programa de entrenamiento HIIT, limitado a 12 semanas por las competiciones paranacionales de los para atletas. Esto podría haber generado resultados diferentes si el programa hubiera sido más amplio. Además, se carece de evidencia científica estandarizada que respalde las pruebas de valoración e intervenciones con el método HIIT que se ajusten a las características de discapacidad de los para atletas de 800 y 1500 m. Además, al tratarse de una investigación cuasiexperimental no controlada, no se midieron marcadores bioquímicos y fisiológicos debido a la falta de recursos financieros para acceder a equipos tecnológicos que permitieran medir otras variables con métodos directos, como la concentración de lactato en sangre, el cortisol salival y los niveles de testosterona, así como el uso de espirometría para determinar el VO_2 máx durante las pruebas de esfuerzo y entrenamientos.

Por consiguiente, para futuras investigaciones, los entrenadores y profesionales en ciencias del deporte deberían emplear marcadores bioquímicos y fisiológicos, ya que son métodos fiables para evaluar, planificar y monitorizar las respuestas y adaptaciones fisiológicas de la carga externa durante el entrenamiento (Gutiérrez-Conejo et al., 2024; Lasso-Quilindo & Chalapud-Narváez, 2024). Esta investigación valida un protocolo de entrenamiento alternativo que incorpora ejercicios en intervalos de alta intensidad en una población de corredores de media distancia de Para

Atletismo. Es importante que en estudios posteriores se analicen los efectos del HIIT en carreras de velocidad, pruebas de saltos y lanzamientos en Para Atletismo. Finalmente, se debe trabajar con muestras homogéneas que incluyan un mayor número de deportistas residentes en una institución para tener un mejor control de las variables objeto de investigación y poder realizar estudios de mediano a largo plazo. Sin embargo, se resalta la novedad de este experimento, ya que abre las puertas para investigaciones futuras más exhaustivas, controladas y rigurosas.

Conclusiones

El HIIT fue efectivo para mejorar el rendimiento en 200 y 400 m, así como la potencia muscular reflejada en el CMJ, SJ y el Drop Jump. Además, la flexibilidad de la espalda baja mejoró debido al volumen empleado al final de cada sesión de entrenamiento. Sin embargo, las variables de composición corporal, VO_2 máx y el sprint de 20 m solo presentaron cambios numéricos positivos. El monitoreo de la RPE y la FC a lo largo del estudio permitió un control preciso de la carga de entrenamiento y el análisis de la respuesta fisiológica y perceptiva en los diferentes tipos de HIIT. Si bien este es el primer estudio en el campo del Para Atletismo, confirma hallazgos previos en deportes convencionales y otros deportes paralímpicos. No obstante, se necesitan más investigaciones controladas, bien definidas y con muestras amplias que permitan transferir el método HIIT aplicado a las carreras de media distancia convencionales al Para Atletismo.

Agradecimientos

Agradecemos al Proyecto Jóvenes Investigadores e Innovadores en el Departamento del Cauca, Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Universidad del Cauca, Grupo de Investigación Interdisciplinar en Ciencias Sociales y Humanas (GIICSH), Indeportes Cauca, Liga Caucana de Para Atletismos, Entrenadores Pedro Mosquera y Wilfran Cardona y en especial a los deportistas por permitir el fortalecimiento de procesos de investigación y la formación de investigadores con visión de construir región.

Financiamiento

Proyecto Jóvenes Investigadores e Innovadores del Departamento del Cauca 2023-2024, identificado bajo BPIN 2020000100043 y DNI 5645.

Referencias

Bachero-Mena, B., Pareja-Blanco, F., & González-Badillo, J. J. (2017). Enhanced Strength and Sprint Levels, and Changes in Blood Parameters during a Complete Athletics Season in 800 m High-Level Athletes. *Frontiers in Physiology*, 8(637), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.0063>

- Bachero-Mena, B., Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J. M., Mora-Custodio, R., & González-Badillo, J. J. (2017). Relationships Between Sprint, Jumping and Strength Abilities, and 800 M Performance in Male Athletes of National and International Levels. *Journal of Human Kinetics*, 58(1), 187–195. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0076>
- Balasekaran, G., Loh, M. K., Boey, P., & Ng, Y. C. (2023). Determination, measurement, and validation of maximal aerobic speed. *Scientific Reports*, 13(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31904-1>
- Barbosa, L. P., Santos, P. A., Aguiar, S. S., Simões, H. G., Nikolaidis, P. T., Knechtle, B., & Sousa, C. V. (2022). Alternative Method to Evaluate Performance Improvement Rate in Athletics Middle Distance Events. *Journal of Science in Sport and Exercise*, 4(2), 128–134. <https://doi.org/10.1007/s42978-021-00132-2>
- Bellinger, P., Arnold, B., & Minahan, C. (2020). Quantifying the Training-Intensity Distribution in Middle-Distance Runners: The Influence of Different Methods of Training-Intensity Quantification. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(3), 319–323. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2019-0298>
- Bermejo, F., Olcina, G., Martínez, I., & Timón, R. (2018). Efectos de un protocolo HIIT con ejercicios funcionales sobre el rendimiento y la composición corporal. *Arch Med Deporte*, 35(6), 386–391. https://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/or05_bermejo.pdf
- Billat, V., Hamard, L., Koralsztein, J. P., & Morton, R. H. (2009). Differential modeling of anaerobic and aerobic metabolism in the 800-m and 1,500-m run. *J Appl Physiol*, 107, 478–487. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.91296.2008.-This>
- Bonet, J. B., Magalhães, J., Viscor, G., Pagès, T., Javierre, C., & Torrella, J. R. (2020). High-intensity interval versus moderate-intensity continuous half-marathon training programme for middle-aged women. *European Journal of Applied Physiology*, 120(5), 1083–1096. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04347-z>
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 50(2), 273–282. <https://doi.org/10.1007/BF00422166>
- Briley, S. J., O'Brien, T. J., Oh, Y., Vegter, R. J. K., Chan, M., Mason, B. S., & Goosey-Tolfrey, V. L. (2023). Wheelchair rugby players maintain sprint performance but alter propulsion biomechanics after simulated match play. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 1–12. <https://doi.org/10.1111/sms.14423>
- Buchheit, M., & Laursen, P. (2013). High-Intensity Interval Training, Solutions to the Programming Puzzle: Part I: Cardiopulmonary Emphasis. *Sports Medicine*, 43(5), 313–338. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0029-x>
- Cherif, M., Said, M. A., Bannour, K., Alhumaid, M. M., Chaifa, M. Ben, Khammassi, M., & Aouidet, A. (2022). Anthropometry, body composition, and athletic performance in specific field tests in Paralympic athletes with different disabilities. *Heliyon*, 8(3), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09023>
- Collados-Gutiérrez, A., & Gutiérrez-Vilahu, L. (2023). Eficacia del entrenamiento interválico de alta intensidad versus entrenamiento continuo moderado en pacientes con insuficiencia cardiaca crónica con fracción de eyección reducida, en relación a la capacidad aeróbica, la fracción de eyección del ventrículo izquierdo y la calidad de vida. Revisión sistemática. *Retos*, 49, 135–145. <https://doi.org/https://doi.org/10.47197/retos.v49.93944>
- Corredor-Serrano, L., Garcia-Chaves, D., Davila-Bernal, A., & Lay-Villay, W. (2023). Composición corporal, fuerza explosiva y agilidad en jugadores de baloncesto profesional. *Retos*, 49, 189–195. <https://doi.org/10.47197/retos.v49.96636>
- De Freitas, M. C., Cholewa, J. M., Gobbo, L. A., De Oliveira, J. V. N. S., Lira, F. S., & Rossi, F. E. (2018). Acute Capsaicin Supplementation Improves 1,500-m Running Time-Trial Performance and Rate of Perceived Exertion in Physically Active Adults. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(2), 572–577. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002329>
- De Macedo, T. A., Aguiar, S. da S., Sousa, C. V., Barbosa, L. P., Deus, L. A., Santos, P. A., Maciel, L. A., Nikolaidis, P. T., Knechtle, B., & Simões, H. G. (2020). Performance trends in Paralympic athletes in sprint, middle-distance and endurance events. *Sport Sciences for Health*, 16(3), 485–490. <https://doi.org/10.1007/s11332-020-00630-w>
- Fernandes, A., Gomes de Souza Vale, R., Ferreira Costa Leite, C. D., Barros dos Santos, A. O., Rica, R., Baker, J., Gobbo, S., Bergamin, M., & Sales, D. (2024). Effects of different recovery times during high-intensity interval training using body weight on psychophysiological variables. *Retos*, 51, 109–116. <https://doi.org/10.47197/retos.v51.99199>
- García-Flores, I., Hernández-Lepe, M., Aburto-Corona, J. A., Ortiz-Ortiz, M., Naranjo-Orellana, J., & Mario Gómez-Miranda, L. (2023). Efecto del entrenamiento interválico de alta intensidad sobre el comportamiento del sistema nervioso autónomo. *Retos*, 47, 847–852. <https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/index>
- Granados, C., Iturricastillo, A., Lozano, L., & Yanci, J. (2016). Effects of intermittent high intensity training in wheelchair basketball players' physical performance. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 11(33), 235–240. <https://doi.org/10.12800/ccd.v11i33.768>
- Gurrute-Quintana, W. N., Estupiñán-González, F. J., & Valencia-Montenegro, I. (2023). Cambios enzimáticos durante el entrenamiento anaeróbico láctico y su influencia en la capacidad aeróbica. *Revista Cubana de*

- Investigaciones Biomédicas*, 42(1), 1–18. <https://revbio-medica.sld.cu/index.php/ibi/article/view/1878>
- Gutiérrez-Conejo, M., González-Rievera, M. D., & Campos-Izquierdo, A. (2024). Planificación y evaluación de los programas deportivos para personas con discapacidad. *Retos*, 53, 472–480. <https://doi.org/10.47197/retos.v53.102566>
- Haugen, T., Sandbakk, Ø., Enoksen, E., Seiler, S., & Tønnessen, E. (2021). Crossing the Golden Training Divide: The Science and Practice of Training World-Class 800- and 1500-m Runners. *Sports Medicine*, 51(9), 1835–1854. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01481-2>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta edición). Mc Graw Hill.
- Imparato, P., Sannicandro, I., Izzo, R., Aliberti, S., & D'Isanto, T. (2021). Disability and inclusion: Swimming to overcome social barriers. *Journal of Human Sport and Exercise*, 16(Proc2), 688–696. <https://doi.org/10.14198/jhse.2021.16.Proc2.54>
- International Paralympic Committee. (2015). *IPC Athlete Classification Code*. <https://bit.ly/3JL8urD>
- Iturricastillo, A., Yanci, J., & Granados, C. (2018). Neuromuscular Responses and Physiological Changes During Small-Sided Games in Wheelchair Basketball. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 35(1), 20–35. <https://doi.org/10.1123/apaq.2016-0139>
- Jiménez-Reyes, P., Cuadrado-Peñañiel, V., Párraga-Montilla, J. A., Romero-Franco, N., & Casado, A. (2022). Anaerobic Speed Reserve, Sprint Force–Velocity Profile, Kinematic Characteristics, and Jump Ability among Elite Male Speed- and Endurance-Adapted Milers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1447. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031447>
- Kim, S.-H., An, H.-J., Choi, J.-H., & Kim, Y.-Y. (2017). Effects of 2-week intermittent training in hypobaric hypoxia on the aerobic energy metabolism and performance of cycling athletes with disabilities. *Journal of Physical Therapy Science*, 29(6), 1116–1120. <https://doi.org/10.1589/jpts.29.1116>
- Kokkinos, P., Kaminsky, L. A., Arena, R., Zhang, J., & Myers, J. (2017). New Generalized Equation for Predicting Maximal Oxygen Uptake (from the Fitness Registry and the Importance of Exercise National Database). *American Journal of Cardiology*, 120(4), 688–692. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2017.05.037>
- Koontz, A. M., Garfunkel, C. E., Crytzer, T. M., Anthony, S. J., & Nindl, B. C. (2021). Feasibility, acceptability, and preliminary efficacy of a handcycling high-intensity interval training program for individuals with spinal cord injury. *Spinal Cord*, 59(1), 34–43. <https://doi.org/10.1038/s41393-020-00548-7>
- Kumari, A., Singh, P., & Varghese, V. (2023). Effects of high-intensity interval training on aerobic capacity and sports-specific skills in basketball players. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 34, 46–52. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2023.04.032>
- Lasso-Quilindo, C. A., & Chalapud-Narváez, L. M. (2024). Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad (HIIT) en Deportistas Paralímpicos. Una revisión narrativa. *Retos*, 51, 1431–1441. <https://doi.org/10.47197/retos.v51.101379>
- Mateo-Gallego, R., Madinaveitia-Nisarre, L., Giné-González, J., María Bea, A., Guerra-Torrecilla, L., Baila-Rueda, L., Perez-Calahorra, S., Civeira, F., & Lamiquiz-Moneo, I. (2022). The effects of high-intensity interval training on glucose metabolism, cardiorespiratory fitness and weight control in subjects with diabetes: Systematic review a meta-analysis. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 190, 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2022.109979>
- Molano-Tobar, N. J., Chalapud-Narvaez, L. M., & Molano-Tobar, D. X. (2021). Estilos de vida y cronotipo de estudiantes universitarios en Popayán-Colombia. *Salud UIS*, 53(1). <https://doi.org/10.18273/saluduis.53.e:21004>
- Patiño-Palma, B. E., Wheeler-Botero, C. A., & Ramos-Parrací, C. A. (2022). Validation and Reliability of The Wheeler Jump Sensor for the Execution of the Counter-movement Jump. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 149, 37–44. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2022/3\).149.04](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2022/3).149.04)
- Peña-González, I., & Moya-Ramón, M. (2023). Physical performance preparation for the cerebral palsy football world cup: A team study. *Apunts Sports Medicine*, 58(218), 100413. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apunsm.2023.100413>
- Pereira, L., Winckler, C., Abad, C. C. C., Kobal, R., Kitamura, K., Veríssimo, A., Nakamura, F. Y., & Loturco, I. (2016). Power and Speed Differences Between Brazilian Paralympic Sprinters With Visual Impairment and Their Guides. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 33(4), 311–323. <https://doi.org/10.1123/APAQ.2015-0006>
- Picabea, J. M., Camara, J., & Yanci, J. (2017). Análisis de la condición física en jugadores y jugadoras de tenis de mesa y su relación con el rendimiento deportivo. [Physical fitness analysis in male and female table tennis players and their relationship to competition performance]. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias Del Deporte*, 13(47), 39–51. <https://doi.org/10.5232/ricyde2017.04703>
- Ramírez-Campillo, R., Álvarez, C., Henríquez-Olguín, C., Baez, E. B., Martínez, C., Andrade, D. C., & Izquierdo, M. (2014). Effects of Plyometric Training on Endurance and Explosive Strength Performance in Competitive Middle- and Long-Distance Runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(1), 97–104. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a1f44c>
- Rønnestad, B. R., Hansen, J., Nygaard, H., & Lundby, C. (2020). Superior performance improvements in elite

- cyclists following short-interval vs effort-matched long-interval training. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 30(5), 849–857. <https://doi.org/10.1111/sms.13627>
- Ruiz, J., Vázquez, J., Urbano, D., Martín, C., Torrent, E., Rupérez, F., & Gudelis, M. (2021). A specific neuromuscular warm-up focusing on ankle sprain injuries in elite basketball. *Apunts Educación Física y Deportes*, 145, 60–67. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2021/3\).145.08](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2021/3).145.08)
- Sanabria, J. R., Cardozo, L. Á., & Cortina, M. D. J. (2024). Efectos del entrenamiento funcional tipo hiit vs tradicional en un grupo de trabajadores con riesgo de padecer síndrome metabólico y enfermedad cardiovascular del distrito de Cartagena- Colombia. *Retos*, 51, 551–558. <https://doi.org/https://doi.org/10.47197/retos.v51.100767>
- Sánchez Muñoz, C., Muros, J. J., López Belmonte, Ó., & Zabala, M. (2020). Anthropometric Characteristics, Body Composition and Somatotype of Elite Male Young Runners. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(2), 674. <https://doi.org/10.3390/ijerph17020674>
- Stephenson, B. T., Leicht, C. A., Tolfrey, K., & Goosey-Tolfrey, V. L. (2019). A Multifactorial Assessment of Elite Paratriathletes' Response to 2 Weeks of Intensified Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(7), 911–917. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0838>
- Warr-di Piero, D., Valverde-Esteve, T., Redondo-Castán, J. C., Pablos-Abella, C., & Sánchez-Alarcos Díaz-Pintado, J. V. (2018). Effects of work-interval duration and sport specificity on blood lactate concentration, heart rate and perceptual responses during high intensity interval training. *PLOS ONE*, 13(7), e0200690. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200690>
- World Para Athletics. (2022). *World Para Athletics Rules and Regulations*. <https://bit.ly/3py8t3d>
- World Para Athletics. (2023). *World Para Athletics Rules and Regulations 2023*. <https://bit.ly/44xGbok>
- Zafeiridis, A., Kounoupis, A., Dipla, K., Kyparos, A., Nikolaidis, M., Smilios, I., & Vrabas, I. (2015). Oxygen Delivery and Muscle Deoxygenation during Continuous, Long- and Short-Interval Exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 36(11), 872–880. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1554634>
- Zwinkels, M., Verschuren, O., de Groot, J. F., Backx, F. J. G., Wittink, H., Visser-Meily, A., & Takken, T. (2019). Effects of High-Intensity Interval Training on Fitness and Health in Youth With Physical Disabilities. *Pediatric Physical Therapy*, 31(1), 84–93. <https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000560>

Datos de los/as autores/as:

Cristian Alexis Lasso-Quilindo
Luz Marina Chalapud-Narváez
Juan Esteban Medina-López
Ezequiel David García-Mantilla

cristianlasso96@gmail.com
luz.chalapud.n@uniautonomia.edu.co
juan.medina.l@uniautonomia.edu.co
ezequiel.garcia.m@uniautonomia.edu.co

Autor/a
Autor/a
Autor/a
Autor/a