



Efecto de dos planes de entrenamiento interválicos de alta intensidad sobre el índice de fatiga en ciclomontañistas juveniles

Presentado por:

JOSE MANUEL PARRA ISAZA

Asesor:

DIEGO ARMANDO GARCÍA GÓMEZ

UNIVERSIDAD DE ANTI OQUIA
INSTITUTO DE EDUCACIÓN FÍSICA
MEDELLÍN, COLOMBIA

2021

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo principal determinar el efecto de dos planes de entrenamiento de alta intensidad sobre el índice de fatiga en ciclomontañistas juveniles. El diseño fue experimental, con asignación al azar estratificada para grupo experimental y grupo control donde participaron 11 ciclomontañistas con edades comprendidas entre los 13 y 16 años. El grupo experimental entrenó con intervalos de alta intensidad de corta duración (30 segundos), mientras que el grupo control realizó intervalos de larga duración (3 minutos). Para medir el índice de fatiga se utilizó el test RSA (Bejder et al 2019), que consistió en realizar 4 sprints de 30 segundos a máxima intensidad con 1 minuto de recuperación entre los sprints.

Los resultados mostraron que ambos grupos redujeron considerable el índice de fatiga en ambos grupos sin haber diferencias estadísticamente significativas. Se concluye que ambas intervenciones pueden ser efectiva para reducir el índice de fatiga en los ciclomontañistas, sin embargo se requieren mayor investigación en este campo.

Palabras clave: Ciclomontañismo, índice de fatiga, entrenamiento interválico de alta intensidad.

Abstract

The main objective of this research was to determine the effect of two high intensity training plans on the fatigue index in young mountain bikers. The design was experimental, with randomized stratified assignment for experimental and control groups where 11 mountain bikers between the ages of 13 and 16 participated. The experimental group trained with high intensity intervals of short duration (30 seconds), while the control group performed long duration intervals (3 minutes). To measure the fatigue index, the RSA test (Bejder et al 2019) was used, which consisted of performing 4 sprints of 30 seconds at maximum intensity with 1 minute of recovery between the sprints.

The results showed that both groups significantly reduced the fatigue index in both groups without statistically significant differences. It is concluded that both interventions can be effective to reduce the fatigue index in mountain bikers, however more research is needed in this field.

Keywords: Mountain Bike, fatigue index, high intensity interval training.

Tabla de contenido

Introducción.....	9
Antecedentes.....	11
Justificación.....	15
Pregunta de investigación.....	17
Viabilidad.....	17
Limitaciones.....	17
Marco teórico.....	19
Cross Country.....	19
Entrenamiento interválico de alta intensidad.....	21
Índice de fatiga.....	22
Objetivo.....	24
Sistema de hipótesis.....	24
Hipótesis nula.....	24
Hipótesis alterna.....	24
Metodología.....	25
Diseño de la investigación.....	25
Muestra.....	25
Potencia del estudio.....	25
Criterios de selección.....	26

Criterios de inclusión.....	26
Criterios de exclusión.....	26
Variables.....	26
Variables independientes.....	26
Variable dependiente.....	26
Otras variables.....	27
Instrumentos y recolección de la información.....	28
Variables sociodemográficas.....	28
Variables antropométricas.....	28
Variable dependiente.....	28
Recolección de los datos y análisis estadístico.....	28
Control de sesgos.....	29
Enmascaramiento.....	29
Aleatorización.....	29
Procedimiento.....	30
Protocolo de intervención.....	30
Test RSA (repeated sprint ability) en bicicleta.....	32
Consideraciones éticas.....	33
Protocolo de seguridad.....	33

Resultados.....	36
Resultados intergrupales.....	38
Resultados intragrupo del grupo Cortos	40
Resultados intragrupo del grupo Cortos	40
Discusión	42
Conclusiones y recomendaciones.....	44
Cronograma	45
Referencias	46
Apéndices	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables	27
Tabla 2. Parámetros de carga de la propuesta de intervención	31
Tabla 3. Pruebas de normalidad de las variables cuantitativas	36
Tabla 4. Características basales de los sujetos del estudio.....	37
Tabla 5. Características basales de los sujetos	37
Tabla 6. Resultados de Cortos vs Largos del pretest.....	38
Tabla 7. Efectos de los intervalos Cortos vs Largos sobre el Índice de Fatiga y los valores de potencia luego de 8 semanas de intervención	39
Tabla 8. Pretest vs Postest del índice de fatiga del grupo Cortos.....	40
Tabla 9. Pre vs Post del índice de fatiga del grupo Largos	41

APÉNDICES

Apéndice A. Encuesta sociodemográfica y experiencia deportiva.....	50
Apéndice B. Formato consentimiento informado.....	51
Apéndice C. Formato asentimiento informado.....	56

Introducción

El ciclomontañismo (MTB) como una disciplina que combina fuerza, habilidad, destreza resistencia, técnica, naturaleza, competitividad, caminos angostos, mucha adrenalina y altos riesgos, ha ganado durante los últimos años mucha popularidad entre las personas y se ha masificado mucho su práctica alrededor del mundo, muestra de esto es la masificación que ha tenido en países como en Estados Unidos el número de personas que practican ciclomontañismo pasó de 6.89 millones en 2007 a 8.61 millones en 2016 (Outdoor Foundation, 2016; citados por Caine, Young y Provance, 2018)

Según la Unión Ciclística Internacional (UCI) las carreras se deben realizar en circuitos que contengan cuestas inclinadas, caminos forestales, caminos rocosos, obstáculos naturales o artificiales y descensos técnicos y rápidos (UCI, 2020). Más del 40% de estos circuitos corresponden a secciones de ascenso (Lee et al; 2002), que están distribuidos a lo largo de todo el recorrido, por lo que los deportistas aparte de tener una muy buena fuerza y habilidad para subir dichas secciones, deben poseer un muy bajo índice de fatiga para poder sostener los niveles de fuerza y potencia durante todas las vueltas que presentan las competencias.

Un alto rendimiento dentro del ciclomontañismo ha sido asociado a altos valores de potencia pico (PPO), de VO_2 máximo, de altos umbrales ventilatorios y de una alta capacidad para repetir sprints (Inoue et al, 2016). Por lo tanto, durante una competencia de ciclomontañismo el deportista debe expresar valores máximos de las diferentes capacidades durante la mayor parte de la carrera, e incluso, hay momentos en los que los esfuerzos suelen ser supramáximos (Gedron et al, 2016).

El desarrollo del componente anaeróbico ha sido descuidado en la preparación de los ciclistas, especialmente en el ciclomontañismo (Inoue et al; 2012), pero en los últimos años el desarrollo de esta capacidad ha tomado especial interés en algunos investigadores, realizando intervenciones de alta intensidad (HIIT) en los ciclistas y en otros deportes en los que predomina más un componente de resistencia (Larsen et al, 2002; Inoue et al, 2012; Inoue et al, 2016; Girard, Feng, y Chapman, 2018; Rønnestad et al, 2020). La verdadera importancia de las intervenciones tipo HIIT es por las adaptaciones fisiológicas que produce en los practicantes, como la hipertrofia y la capacidad de contractibilidad del corazón y numerosas mejoras periféricas como la capacidad de captación y recaptación de calcio en el retículo sarcoplásmico de la mitocondria, factor fundamental para la fatiga periférica (López Chicharro y Campos, 2018).

Por lo tanto, el objetivo principal de esta investigación fue determinar los efectos de dos planes de entrenamiento tipo HIIT sobre el índice de fatiga en ciclomontañistas juveniles.

Antecedentes

Como se mencionó anteriormente el interés de la preparación del componente anaeróbico en deportes donde históricamente ha predominado la preparación desde el componente aeróbico, ha tomado mucha fuerza en los últimos años, por ejemplo Chittibabu (2014) encontró en su investigación con jugadoras de balonmano, que una intervención durante 8 semanas implementando sprints de alta intensidad de 10, 15 y 20 segundos con un ratio de recuperación de 1:1, reduce considerablemente (38,74%) el índice de fatiga. Por otro lado Gendron et al, (2016), llegaron a la conclusión de que una intervención de 4 semanas, distribuidas en 8 sesiones de entrenamiento interválico supramáximo, realizando entre 60 y 90 repeticiones de 20 segundos al 115% de la potencia aeróbica máxima (PAM) junto con una recuperación activa de 40 segundos al 50% de la PAM, mejora el rendimiento en una contrarreloj virtual de manera significativa (-4,2%), de igual manera en variables como el VO_2 máximo, la ventilación pulmonar y la concentración de lactato en sangre durante el Test de Potencia Aeróbica Máxima (MAPT), variables que podrían explicar la mejora en el rendimiento y la eficiencia en ciclomontañistas.

Fernández, Sánchez y Vicente (2014) en su estudio con futbolistas juveniles, donde compararon el efecto de 2 programas de entrenamiento de tipo interválico de alta intensidad durante una pretemporada de 6 semanas, en donde un grupo (SET) realizó estímulos de 10, 15 y 20 segundos al 100% de la frecuencia cardiaca máxima (FCmáx) mientras que el otro grupo (HIT) realizó 4 series de 4 minutos al 90% de la FCmáx, encontraron que ambos programas son efectivos para mejorar la capacidad de repetir sprints, en un test RSA,

presentando mejoras estadísticamente significativas en el mejor sprint, en el tiempo promedio empleado en los sprints y en el tiempo total en realizar el test, pero aunque el grupo HIT presentó una tendencia a mejorar el índice de fatiga de los futbolistas estos cambios no fueron estadísticamente significativos.

Etxebarria et al (2014) en su estudio realizado con triatletas, compararon dos programas de entrenamiento interválico de alta intensidad en cicloergómetro, en donde el primer grupo (SHORT) realizó entre 9 y 12 series de sprints a máxima velocidad de 10, 20 y 40 segundos, mientras que el otro grupo (LONG) realizó entre 6 y 8 repeticiones de 5 minutos al 80% del VO_2 pico. Lo que encontraron en los resultados fue que el grupo SHORT tuvo un efecto moderado en la potencia promedio en los últimos 8 sprints en un test de RSA en cicloergómetro de 16x20segundos (un cambio de 10,3%), pero dicho cambio no fue estadísticamente significativo con respecto al grupo LONG. Una situación similar pasó en variables como el VO_2 pico o la PAM en un test incremental máximo, en el que si bien hubo mejoras, el efecto del cambio fue pequeño y no fue significativo entre los grupos.

Rønnestad et al (2015) compararon dos intervenciones tipo HIIT, una con intervalos cortos (grupo SI) y otra con intervalos largos (grupo LI) en ciclistas bien entrenados con una edad promedio de 33 años. El grupo SI realizaba esfuerzos máximos de 30 segundos, seguidos de 15 segundos de recuperación, hasta completar 9.5 minutos y a su vez hasta completar 3 series de 9.5 minutos. Por otro lado el grupo LI realizó 4 repeticiones de 5 minutos, con una recuperación de 2.5 minutos. Los resultados sugieren que el protocolo empleado con intervalos cortos es estadísticamente más efectivo para aumentar el $VO_{2máx}$, si se compara con el grupo LI, al igual que en todos los parámetros medidos (producción de

potencia) en los tests “*all-out*” de 30 segundos, 5 y 40 minutos, los resultados revelan un efecto de moderado a grande de los intervalos cortos (SI) frente a los intervalos largos (LI).

Quizás el antecedente específico más cercano realizado hasta la fecha fue el llevado a cabo por Inoue et al (2016), cuando compararon el efecto de un entrenamiento aeróbico de alta intensidad (HIT) y un entrenamiento interválico de sprints (SIT), en 16 ciclomontañistas entrenados, realizando 3 sesiones semanales durante un periodo de tiempo de 6 semanas. El grupo HIT realizó entre 7 y 10 repeticiones de 4-6 minutos a la máxima intensidad sostenible, mientras que por el otro lado el grupo SIT realizó entre 8 y 12 repeticiones de 30 segundos “*all out*”, con una recuperación de 4 minutos para ambos grupos. Los resultados demostraron, que si bien hay una tendencia de mejora favorable hacia el entrenamiento aeróbico de alta intensidad (HIT) en una carrera simulada de ciclomontañismo (MTB), los resultados no son estadísticamente significativos y los autores llegan a la conclusión de que de que ambas intervenciones pueden ser efectivas para incrementar el rendimiento durante las carreras de MTB

Como se puede observar hay algunas ideas en la literatura sobre qué tipo de entrenamiento interválico podrían generar los efectos deseados, como en este caso, frente al índice de fatiga. Pero como lo menciona Fernández, Sánchez y Vicente (2014), este es un tema que no está claro en la literatura y quedan muchas incógnitas sobre este tema, especialmente dentro del ciclomontañismo, en donde uno de los antecedente más cercano fue realizado con ciclistas de ruta, que son modalidades con factores de rendimiento diferentes, por lo tanto, sus resultados no son del todo transferibles a la modalidad del MTB y en la investigación específica del ciclomontañismo realizada hasta el momento se pueden percibir algunos fallos como en la dosificación de las cargas de entrenamiento y en

diferencias de volumen entre las dos intervenciones estudiadas, por lo que las incógnitas siguen latentes.

Justificación

El ciclomontañismo es un deporte relativamente joven, las competencias oficiales se referencian desde el año 1980 (Rodríguez Jiménez, 2017), posteriormente en el año 1990 se realizó el primer campeonato mundial de la modalidad y en 1996 entraron a formar parte de los deportes olímpicos en los Juegos de Atlanta (Impellizzeri y Marcora, 2007).

A pesar de que el deporte ha venido ganando importancia y popularidad alrededor del mundo y se han realizado investigaciones sobre el deporte, con el fin de alcanzar el máximo desarrollo deportivo entre sus practicantes, son muchos los interrogantes que faltan por responder.

Como se ha observado en la literatura (Chittibabu, 2014; Gendron et al, 2016), el entrenamiento tipo HIIT es eficiente para mejorar el índice de fatiga, pero quedan dudas de que tipo de intervalos se deben hacer, intervalos cortos (inferiores a 1 minuto) o los intervalos largos (entre 2 y 4 minutos) (López Chicharro y Campos, 2018), o cuanta recuperación se debe dar entre las repeticiones o si los efectos encontrados en adultos son transpolables para deportistas juveniles. Por otro lado en la actualidad no hay una investigación específica del deporte donde relacionen los efectos de este tipo de entrenamiento con el índice de fatiga en ciclomontañistas.

Según Impellizzeri y Marcora (2007), los eventos del ciclomontañismo “son actividades de alta intensidad caracterizadas por un esfuerzo intermitente”; en donde tener un bajo índice de fatiga entre los esfuerzos puede resultar determinante en los resultados finales. Tomando en consideración esta situación, surge la necesidad de comparar el efecto de dos propuestas de entrenamiento de alta intensidad (HIIT) sobre el índice de fatiga en un

deporte como el ciclomontañismo que tiene una alta variabilidad de zonas fisiológicas de competencia.

Pregunta de investigación

¿Cuál es el efecto de un plan de entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) de 8 semanas, con intervalos de corta duración, comparado con un plan de entrenamiento interválico de alta intensidad, con intervalos de larga duración, sobre el índice de fatiga en ciclomontañistas juveniles?

Viabilidad

Este proyecto resulta viable ya que se cuenta con la población (ciclomontañistas juveniles), se cuenta con el espacio para realizar la intervención, donde las condiciones climáticas no serían un factor condicionante, aunque se está en la búsqueda de equipos que permitan hacer la intervención mucho más exacta, los equipos que se tienen a disposición permiten llevar a cabo la intervención a cabalidad.

Limitaciones

La mayor limitación que se encontró dentro del estudio, fue que en el club no se contaba con el simulador necesario para realizar el test RSA en bicicleta, por lo cual se tuvo que recurrir a alquilar un simulador inteligente por medio de personas ajenas al estudio. Para el pretest se alquiló un simulador ELITE modelo Direto, pero en el momento de alquilar dicho dispositivo posteriormente para realizar el postest, no contaban con disponibilidad de este mismo simulador y solo estaba disponible un simulador de la marca WAHOO modelo Kickr Core. Esta diferencia de dispositivos entre el pretest y el postest pudo haber condicionado todo el estudio y los resultados del mismo, ya que los datos del postest están demasiado desfasados con los obtenidos en el pretest.

El control del volumen fue un factor limitante, ya que no se pudo controlar completamente las cargas de trabajo en los días que no hay entrenamiento grupal (entrenamiento individual), por ejemplo los días domingos, en los que algunos de los deportistas realizan entrenamientos por su cuenta y otros no.

La escasez de elementos que permitan medir la carga interna durante las sesiones de entrenamiento, como por ejemplo pulsómetros y la asistencia a los entrenamientos de los deportistas a las sesiones de intervención.

Marco teórico

Dentro del ciclomontañismo se encasillan varias modalidades como el cross country (XCO) que es una carrera a campo traviesa que por lo general se realiza en circuitos por terrenos de diferentes características, el Downhill en el que su principal objetivo es realizar un descenso por terreno montañoso en el menor tiempo posible, el Enduro donde su principal objetivo es realizar diversos descensos como en el downhill pero en el que también se considera el tiempo de subida hasta el punto donde empieza el descenso o el Four-cross que es básicamente el BMX pero en bicicletas de MTB y en donde participan solamente 4 corredores. En este estudio el enfoque estará centrado en el Cross country.

Cross Country

Es la modalidad más conocida del ciclomontañismo, siendo la única modalidad olímpica desde el año 1996 en los Juegos Olímpicos de Atlanta (Rodríguez Jiménez, 2017). Su principal objetivo es realizar el recorrido y la cantidad de vueltas a un circuito designado en el menor tiempo posible y antes que los demás competidores. Según la Unión Ciclista Internacional (UCI) las carreras se deben realizar en circuitos que contengan cuestas inclinadas caminos forestales, caminos rocosos, obstáculos naturales o artificiales y descensos técnicos y rápidos. Las competencias se realizan en circuitos que por lo general tienen una distancia entre 4 y 6 km, variando el número de vueltas dentro del circuito dependiendo la categoría y con una duración de carrera entre 1h a 1h 40 min (UCI).

Las bicicletas utilizadas para el ciclomontañismo son diseñadas para atravesar terrenos montañosos con ascensos con inclinaciones altas y realizar descensos rápidos y en ocasiones bruscos, por eso poseen llantas más anchas y en su mayoría con taches

procurando generar más adherencia al suelo, con manubrios derechos que facilitan su maniobrabilidad, también poseen una transmisión con relaciones muy suaves que facilitan subir por terrenos empinados y difíciles y por último una de las mayores características de la bicicletas de MTB es el sistema de suspensión que puede ser sencillo (solo delantera) o doble (delantera y trasera) (Ramírez, Á., & Osorio, L. 2010).

Según la UCI son 5 las categorías que se manejan dentro del ciclomontañismo: Juvenil (16 años y menores), Junior (17-18 años de edad), Sub-23 (19-22 años de edad) Elite (23 años y mayores) y Master (30 años y mayores). Este estudio fue realizado con ciclomontañistas de 13 a 16 años, por lo tanto, pertenecientes a la categoría juvenil según la clasificación hecha por la UCI.

Impellizzeri y Marcora (2007) aportan una definición muy acertada sobre el rendimiento en el ciclomontañismo, precisándolo como “la capacidad de convertir la energía aeróbica en velocidad en terrenos difíciles”, esta capacidad según los mismos autores está definida por diversos factores fisiológicos como altos niveles de VO_2max (valores mayores a 70 ml/kg/min) y umbrales ventilatorios de lactato (cerca al 86% del VO_2max).

Impellizzeri y Marcora (2007) agregan que además del fitness aeróbico, que podría explicar el 40% del rendimiento en el ciclomontañismo, hay otras variables o factores determinantes dentro del mismo como lo son la capacidad anaeróbica, la fuerza muscular y la habilidad técnica.

Inoue et al. (2012) definen el ciclomontañismo como un deporte intermitente de alta intensidad, esto debido a que las competencias, aunque tienen una predominancia del componente aeróbico, se requiere una alta capacidad anaeróbica y potencia. Según

Impellizzeri y Marcora (2007) dentro del deporte se manejan en competencia frecuencias cardíacas promedio cercanas al 90% que corresponden al 84% del VO_{2max} y considerando a Impellizzeri et al (2002) el porcentaje del tiempo total de competencia en el que el deportista están en una frecuencia cardíaca por encima de la zona de acumulación de lactato (OBLA) es del $31 \pm 16\%$.

Teniendo presente estas características, el ciclomontañismo puede considerarse un deporte con predominancia en cuanto al metabolismo y capacidades aeróbicas, pero con alta influencia de características anaeróbicas para sobrepasar las dificultades que presenta el terreno y las competencias.

Entrenamiento interválico de alta intensidad

Este tipo de entrenamiento conocido como HIIT o HIT por sus siglas en inglés “High Intensity Interval Training”, en la que su principal característica es su cualidad interválica (esfuerzos de corta duración con recuperaciones incompletas). Este tipo de entrenamiento ha ganado mucha popularidad durante las últimas décadas en sectores como el fitness y el entrenamiento deportivo, especialmente en deportes de resistencia (López Chicharro y Campos, 2018).

Una de las ventajas de este tipo de entrenamiento, es que puede inducir adaptaciones iguales o incluso superiores que el entrenamiento de resistencia tradicional, mientras que se minimiza el volumen total del entrenamiento (Chittibabu 2014). Dentro del entrenamiento tipo HIIT se pueden diferenciar dos tipos de esfuerzos; de corta duración (intervalos inferiores a 45 segundos) y de larga duración (entre 2-4 minutos o mayores) (Buchheit y Laursen, 2013). Hoy en día se habla de 9 parámetros a controlar dentro de una sesión HIIT, éstos son: intensidad del intervalo, duración del intervalo, intensidad de la

recuperación, duración de la recuperación, número de intervalos, número de series, duración del periodo descanso entre serie, periodo de calentamiento y vuelta a la calma (López Chicharro y Campos, 2018).

La importancia de este tipo de entrenamiento, fisiológicamente hablando, es la mejora significativa del VO_2 máximo; si bien todos estos estímulos son predominantes del componente anaeróbico, la mayoría de la reposición de sustratos metabólicos se realizan desde el proceso de la fosforilación oxidativa, un proceso en el que es imprescindible la presencia del oxígeno, por lo que se activan y se optimizan las respuestas cardiorrespiratorias del organismo (López Chicharro y Campos, 2018).

Fernández, Sánchez y Vicente (2014) aportan que *“la repetición de esfuerzos breves pero muy intensos también dependen de la capacidad de recuperación”*. Tomando esto en consideración surge otra idea que el entrenamiento tipo HIIT le puede aportar a los deportistas y es la mejora de la capacidad de recuperación o la disminución del índice de fatiga debido a la repetición de esfuerzos intensos.

Índice de fatiga

La fatiga es *“un estado fisiológico, reversible, que se manifiesta por la reducción de la capacidad de rendimiento físico o mental que surge tras la demanda de un esfuerzo y puede reducirse mediante un período de descanso”* (Moraru et al, 2017). Hanjabam y Kailashiya (2015), aportan que las causas de la fatiga pueden ser debido a diversas causas, entre éstas están: la disminución en los sustratos necesarios para la producción de energía, acumulación de productos de desecho, aumento de la temperatura, falla del mecanismo contráctil del musculo o por inhibición del sistema nervioso central. Dentro del mundo del entrenamiento deportivo se busca que los atletas se adapten a la carga de forma que realicen

trabajos intensos con el menor estado de fatiga posible, especialmente en deportes intermitentes como el ciclomontañismo, donde los esfuerzos intensos se ven de forma repetida a lo largo de la competencia.

Considerando a Hanjabam y Kailashiya (2015), el índice de fatiga indica la tasa de disminución de la potencia en un trabajo en específico y, por lo tanto, es un indicador de la capacidad del atleta de mantener la potencia requerida y el rendimiento anaeróbico a través del tiempo. Por otro lado Naharudin y Yusof (2013) aportan una definición más sencilla para la comprensión, diciendo que el índice de fatiga es el porcentaje de caída de potencia entre dos datos (el mayor y el menor). Por lo tanto tener un índice de fatiga más bajo indica una mayor capacidad para repetir sprints (Naharudin y Yusof 2013).

En la literatura se pueden encontrar algunos valores de referencia dentro del índice de fatiga como el 7,32% encontrado en 19 futbolistas por Fernández, Sánchez y Vicente (2014), el 6,3% hallado por Pyne et al (2008) dentro de 60 futbolistas australianos o valores entre 4,19% y 6,98% encontrados por Chittibabu (2014) en su investigación con jugadoras de balonmano.

Objetivo

Determinar el efecto de un plan de entrenamiento tipo HIIT estructurado a partir de intervalos cortos, en un periodo de 8 semanas, comparado con un plan de entrenamiento tipo HIIT estructurado a partir de intervalos largos sobre el índice de fatiga en ciclomontañistas juveniles.

Sistema de hipótesis

Hipótesis nula

No existen diferencias estadísticamente significativas con la implementación de un plan de entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT), con intervalos de corta duración en comparación con un plan de entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) de 8 semanas, con intervalos de larga duración sobre el índice de fatiga en ciclomontañistas juveniles.

Hipótesis alterna

Existen diferencias estadísticamente significativas con la implementación de un plan de entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT), con intervalos de corta duración en comparación con un plan de entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) de 8 semanas, con intervalos de larga duración sobre el índice de fatiga en ciclomontañistas juveniles.

Metodología

Diseño de la investigación

La presente investigación fue un diseño experimental, con asignación al azar estratificada. Que hace referencia al estudio explicativo que establece relaciones causa efecto entre las variables independientes plan de entrenamiento interválico de alta intensidad con intervalos cortos (grupo experimental) vs un plan de entrenamiento interválico de alta intensidad con intervalos largos (grupo control) y la variable dependiente índice de fatiga.

Muestra

Para el estudio se seleccionó una muestra de 16 ciclomontañistas con edades comprendidas entre los 13 y 16 años de edad, pertenecientes a un club de la ciudad del Retiro, con mínimo 2 años de experiencia practicando el deporte y mínimo un año de experiencia en competencias a nivel departamental.

Potencia del estudio

Para la presente investigación se calculó la potencia del estudio a partir de un valor del tamaño de la muestra de 8 participantes, que fue la cantidad de personas que tuvo cada grupo (experimental y control). Los datos se extrajeron de la investigación llevada a cabo por Inoue et al (2016), en donde compararon el efecto de un plan de entrenamiento de alta intensidad con intervalos cortos versus un plan de entrenamiento de alta intensidad con intervalos largos sobre el rendimiento en ciclomontañistas adultos. Las medias del tiempo en segundos para una carrera simulada de ciclomontañistas fue de 5961 y de 5785 para el grupo experimental y el grupo control respectivamente, la desviación estándar fue de 417;

reuniendo estos datos obtenemos un valor $Z\beta = -1,1937$ y un valor $p = 0,11702$, dando un resultado final para la potencia del estudio del 88,2%.

Criterios de selección

Criterios de inclusión

Ser ciclomontañista entre los 13 y 16 años de edad, con mínimo 2 años de experiencia practicando el deporte, mínimo 1 año de experiencia en competencias a nivel departamental, pertenecer al club Correcaminos, estar afiliado a un sistema de salud ya sea del régimen subsidiado o contributivo y deportistas que acepten en consentimiento informado.

Criterios de exclusión

Deportistas que estén llevando un proceso de recuperación de alguna lesión, deportistas que no realicen el pre o post-test, deportistas que no estén afiliado a un sistema de salud ya sea del régimen subsidiado o contributivo.

Variables

Variables independientes

Plan de entrenamiento interválico de alta intensidad con intervalos de corta duración (30'' a máxima intensidad) y larga duración (3' a máxima intensidad sostenible). (Inoue et al, 2016; López Chicharro y Campos, 2018; Rønnestad et al, 2015).

Variable dependiente

Índice de fatiga.

Otras variables

Edad, entrenamiento complementario, experiencia deportiva, talla y peso.

Tabla 1. Operacionalización de las variables

NOMBRE	NIVEL DE MEDICION	CONCEPTUALIZACION	UNIDAD DE MEDICION
Plan de entrenamiento de alta intensidad con intervalos cortos	Variable independiente	Entrenamiento basado en esfuerzos de corta duración con recuperaciones incompletas, con intervalos de 30 segundos de duración	Volumen de trabajo (repeticiones)
Plan de entrenamiento de alta intensidad con intervalos largos	Variable independiente	Entrenamiento basado en esfuerzos de corta duración con recuperaciones incompletas, con intervalos de 3 minutos de duración	Volumen de trabajo (repeticiones)
Índice de fatiga	Variable dependiente Cuantitativa continua	Indica el porcentaje de disminución de la potencia de un trabajo específico	Porcentaje $IF = \left(\frac{W_{m\acute{a}x} - W_{m\acute{i}n}}{W_{m\acute{a}x}}\right) \times 100$
Edad	Variable interviniente, cuantitativa discreta	Tiempo en años transcurrido desde el nacimiento hasta la fecha de la intervención	Años
Plan de entrenamiento complementario	Variable interviniente, cuantitativa discreta	Plan de entrenamiento aeróbico basado en esfuerzos de media y larga duración específicos de la modalidad y entrenamiento de la fuerza	Volumen de trabajo (horas)
Experiencia deportiva	Cuantitativa continua	Cantidad de años que el sujeto lleva practicando el deporte	Años
Talla	Cuantitativa continua	Estatura del individuo	Metros
Peso	Cuantitativa continua	Masa corporal total del sujeto	Kilogramos

Instrumentos y recolección de la información

Para asignar los participantes a los grupos experimental o control se separó al grupo entre las personas que tenían entre 13 y 14 años y los que tenían 15 y 16 años y posteriormente se procedió a distribuir a los participantes de cada sub-grupo en el grupo de intervalos cortos o largos, utilizando el software Epidat 4.2

Variables sociodemográficas

Las variables sociodemográficas de edad y de experiencia deportiva fueron obtenidas mediante una encuesta prediseñada (apéndice A).

Variables antropométricas

Las variables antropométricas fueron medidas por el investigador principal con el apoyo del entrenador del club Correcaminos, para el peso se utilizó una báscula redonda de la marca D&M Scales de 180kg-0,1 kg vidrio clear y para la talla se utilizó un cinta métrica de 2,5m.

Variable dependiente

Para la medición de la variable dependiente índice de fatiga se utilizó el Test RSA en bicicleta.

Recolección de los datos y análisis estadístico

Los datos fueron recolectados en hoja de Excel 2013 y fueron analizados mediante el paquete estadístico IBM SPSS Versión 21.

Control de sesgos

Enmascaramiento

Con el fin de reducir los sesgos dentro de la investigación se capacitó a una persona con la intención de que realizara el pretest y postest con el acompañamiento del investigador principal y procurando que la persona no supiera a cuál de los grupos pertenece la persona que está evaluando. El investigador principal estuvo a cargo de las intervenciones del grupo de intervalos largos, por otro lado, un entrenador perteneciente al club Correcaminos estuvo al frente de las sesiones de grupo de intervalos cortos, dicho entrenador fue debidamente capacitado e informado del estudio y la metodología de intervención.

Aleatorización

Para la distribución de los grupos se realizó una asignación al azar estratificada por la edad, distribuyendo la muestra en dos subgrupos para la aleatorización, el primer subgrupo con los participantes con edades de 13 y 14 años y el otro subgrupo con los participantes con edades de 15 y 16 años, además se separaron hombres y mujeres, esto debido a que la edad fue considerada como una variable interviniente, por su parte, el género fue debido a que se contaba con dos mujeres dentro del estudio, garantizando que cada una quedara en un grupo diferente. Posteriormente se realizó la asignación a los grupos de intervención mediante el software Epidat 4.2, donde también se incluyeron al investigador principal y al entrenador del club Correcaminos que apoyó la intervención.

Procedimiento

Protocolo de intervención

El protocolo de intervención fue una propuesta de trabajos tipo HIIT, en el que el grupo experimental realizó intervalos cortos (estímulos de 30 segundos), mientras que el grupo control realizó intervalos largos (estímulos de 3 minutos) durante 8 semanas en la que el trabajo fue aumentando progresivamente de volumen.

En la tabla 2 se especifican los parámetros de carga de cada semana para ambos grupos. El trabajo fue realizado en rodillos simuladores de ciclismo marca TranzX modelo JD-113 que se graduaban cada uno con 3,5 vueltas en la perilla del rodillo y dichas vueltas se empezaron a contar inmediatamente el rodillo hiciera contacto con la llanta de la bicicleta. Mientras que la intensidad interna para el grupo experimental, fue mediante percepción del esfuerzo, donde los participantes realizaban esfuerzo maximales en cada sprint y para el grupo control buscar mantenerse en una intensidad entre 8 y 9 en una escala de valoración subjetiva del esfuerzo (RPE) de 1-10.

Durante todas las sesiones se revisaba el buen estado de las bicicletas y de los rodillos, se verificaba que todas las bicicletas tuvieran una presión de aire de 100psi y se alentaban verbalmente a los deportistas.

Ambos grupos siguieron juntos con el entrenamiento tradicional, que consistía en entrenamiento de fondo en bicicleta, trabajos técnicos y de fuerza con un promedio de 5,1 horas a la semana.

Tabla 2. Parámetros de carga de la propuesta de intervención

PARAMETROS DE CARGA	SEMANA 1-5		SEMANA 2-3-6-7		SEMANA 4-8	
	CORTO	LARGO	CORTO	LARGO	CORTO	LARGO
DURACION DEL INTERVALO (S)	30	180	30	180	30	180
RECUPERACION ENTRE INTERVALOS (S)	30	0	30	0	30	0
NUMERO DE INTERVALOS/SERIE	7	1	9	1	10	1
TRABAJO TOTAL POR SERIE (S)	210	180	270	180	300	180
TOTAL RECUPERACION INTRASERIE (S)	180	0	240	0	270	0
NUMERO DE SERIES	4	5	4	6	4	7
TIEMPO ENTRE SERIES (S)	180	240	180	240	180	240
TRABAJO TOTAL POR SESION (MIN)	14	15	18	18	20	21
RECUPERACION TOTAL POR SESION (MIN)	18	16	21	20	22,5	24
TIEMPO PARA EL CALENTAMIENTO (MIN)	15	15	15	15	15	15
TIEMPO PARA LA VUELTA A LA CALMA (MIN)	10	10	10	10	10	10
TIEMPO TOTAL DE LA SESION (MIN)	57	56	64	63	68	70

Test RSA (repeated sprint ability) en bicicleta

El test que se seleccionó para medir el índice de fatiga fue el denominado test RSA en bicicleta por Bejder et al (2019), que si bien no es un test validado, dichos autores encontraron que este test puede ser un fuerte predictor en el rendimiento dentro de la prueba olímpica de ciclomontañismo en deportistas elites, por este motivo se eligió esta prueba con los protocolos descritos por los investigadores en mención.

El pretest se realizó con un simulador computarizado de ciclismo de marca ELITE modelo Direto y con una misma bicicleta para todos los participantes, esto por tema de optimización del tiempo y la bicicleta se ajustó a las necesidades de cada participante, mientras que el postest se realizó con un simulador marca WAHOO modelo Kickr Core. El test inició con un calentamiento de 15 minutos con una intensidad ascendente de la siguiente manera: 6 minutos a una RPE 6 y a 120 RPM (Revoluciones por minuto); 4 minutos en una RPE 8 y a 100 RPM; 1 minuto en una RPE 9 y a 80 RPM y 4 minutos a una RPE 6 y a 120 RPM.

Posteriormente se da inicio al test que consistió en realizar 4 sprints a máxima intensidad durante 30 segundos con 1 minuto de recuperación entre los sprints, se registró la potencia pico en cada sprint y se utilizó la siguiente fórmula para calcular el índice de fatiga de cada sujeto:

$$IF = \left(\frac{W_{m\acute{a}x} - W_{m\acute{i}n}}{W_{m\acute{a}x}} \right) \times 100$$

Durante todo el test se alentaba verbalmente a los participantes buscando que dieran su máximo esfuerzo en cada sprint y durante el mismo. El orden de realización del pretest

fue definido por el orden de llegada de los participantes el día del test y para el posttest se buscó respetar al máximo ese orden.

Consideraciones éticas

Se realizó una reunión informativa aclarando todo con respecto al estudio, especificando todos sus pormenores con todos los deportistas y con sus respectivos padres de familia o adulto responsable, por ser un estudio realizado con menores de edad. Además se contó con el consentimiento y el asentimiento informado por parte de los mismos.

Todos los datos personales y datos recolectados durante la investigación fueron codificados buscando garantizar en todo momento la confidencialidad de todos los participantes.

Protocolo de seguridad

Ante cualquier accidente o eventualidad que atentó contra la salud del deportista, se le brindó una asistencia partiendo de una evaluación inicial, brindándole primeros auxilios de una manera adecuada y provisional, describiendo el paso a paso a continuación:

- Asegurar la escena del accidente, buscando proteger al accidentado y para evitar otro accidente (alertar a las otras personas, retirar peligros e iluminar si es necesario).
- Mantener la calma y calmar a las personas presentes.
- Actuar solo si se tiene la formación adecuada y la seguridad de lo que se va a hacer.
- Hacer una revisión rápida del sujeto examinando signos vitales y posibles heridas o fracturas.
- Identificar al sujeto e identificarse en caso de que no lo conozca.

- En caso de ser necesario contactar servicios externos, mientras se prestan primeros auxilios.
- Ubicar al sujeto en un lugar seguro, en la medida de lo posible sin mover al sujeto, en especial si se sospecha de alguna fractura.
- Cuidar en todo momento las vías respiratorias.
- Si hay heridas controlar la hemorragia y en caso de fracturas o empalaciones. inmovilizar en la medida de lo posible.
- Si el sujeto está consciente controlar la sensibilidad de los movimientos, sin obligarlo nunca a moverse.
- En caso de una para respiratoria aplicar los masajes cardiacos, SOLAMENTE SI SE TIENE CONOCIMIENTO DE COMO APLICARLOS.
- Asegurar al sujeto en posición de seguridad, abrigar con ropa con el fin de mantener la temperatura corporal y esperar la llegada de los servicios externos.
- No administrar medicamentos.
- No proporcionar líquidos por vía oral.
- Evitar comentarios sobre el estado de salud.
- Se tendrán en cuenta dos tipos de evaluaciones para determinar la importancia del evento:
 - Evaluación Primaria, en ella se deberá comprobar:
 - Consciencia del sujeto.
 - Respiración.
 - Pulso.
 - Posibles hemorragias.

- Evaluación secundaria: en ella se deberá explorar:
 - Cabeza: indicios de fracturas, heridas, etc.
 - Cuello: bultos, deformaciones, puntos dolorosos.
 - Tórax: comprobar si respira con dificultad.
 - Abdomen: posibles hemorragias internas, puntos dolorosos, sensación al tacto.
 - Extremidades: heridas, deformaciones, esguinces, luxaciones, contusiones, movilidad y sensibilidad.
- Posteriormente se dará aviso a los padres y/o representantes legales del sujeto.

Resultados

Para el presente estudio se escogieron un total de 16 participantes que cumplieron con los criterios de inclusión con edades comprendidas entre los 13 y 16 años de edad, de los cuales 14 fueron hombres y 2 mujeres, previo a iniciar con el estudio, dos de los deportistas tuvieron lesiones practicando el deporte, que les impidió de participar en el estudio, uno de dichos deportistas pertenecía al grupo experimental y el otro al grupo control. Por otro lado dos de los participantes, uno del grupo control y uno del grupo experimental, no realizaron el pretest por causas desconocidas, mientras que un participante del grupo control no realizó posttest por causas que también se desconocen. Por lo tanto, la cantidad de deportistas que completaron la intervención fue de 11 participantes, 6 en el grupo experimental y 5 en el grupo control.

Al aplicar las pruebas de normalidad Shapiro-Wilk ($n < 30$) a los datos del pretest, antropométricos y sociodemográficos basales, se evidencia que la mayoría de las variables poseen distribución normal (tabla 3), por lo cual se opta por resumir con medias y desviaciones estándar, a excepción de la variable edad que presenta distribución no normal y se resumen con mediana y rango intercuartil.

Tabla 3. Pruebas de normalidad de las variables cuantitativas

Variable	Shapiro-Wilk
Edad	,012
Peso	,842
Talla	,548
Años de experiencia entrenando el deporte	,296
Años de experiencia en competencias a nivel departamental	,057

Potencia promedio durante el Pretest	,961
Índice de fatiga pretest	,951

En la tabla 4 se presenta un resumen descriptivo de las variables cuantitativas de los participantes del presente estudio con sus medias y desviaciones estándar

Tabla 4. Características basales de los sujetos del estudio

Variable	Media	Desviación estándar
Peso (kg)	47,55	8,69
Talla (cm)	159,49	10,48
Años de experiencia entrenando el deporte (años)	5,27	2,8
Años de experiencia en competencias a nivel departamental (años)	2,73	1,62
Potencia promedio durante el Pretest (W)	336,61	44,69
Índice de fatiga pretest (%)	31,54	14,88

Tabla 5. Características basales de los sujetos

Variable	Mediana	Rango intercuartil
Edad (años)	14	13 15

En la tabla 6 se presenta la prueba T para muestras independientes realizada en la variable índice de fatiga (I.F) del pretest y de las variables potencia promedio, potencia máxima y potencia mínima que fueron consideradas dentro de la fórmula para hallar el I.F,

esto con el fin de comprobar que el azar había funcionado de buena manera en esta investigación y que ambos grupos iniciaban sin ventaja el uno del otro.

Tabla 6. Resultados de Cortos vs Largos del pretest

Variable	Grupo cortos (n=6)	Grupo largos (n=5)	Diferencia de medias	Valor p
Índice de fatiga	27,4 ($\pm 9,35$)	36,52 ($\pm 19,68$)	9,122	,337
Potencia promedio	335,04 ($\pm 43,4$)	338,5 ($\pm 51,87$)	3,458	,907
Potencia máxima	397,5 ($\pm 60,41$)	422,8 ($\pm 100,72$)	25,3	,618
Potencia mínima	286,67 ($\pm 43,21$)	254,2 ($\pm 44,02$)	32,467	,250

Resultados intergrupales

A continuación se presentan los resultados intergrupales de la variable dependiente de la presente investigación y de las variables complementarias que se midieron dentro de los tests realizados. Lo que se analiza de los datos es que si bien el índice de fatiga es mucho menor para ambos grupos en comparación al pretest, siendo mayor la disminución en el grupo largos que en el grupo cortos (2,41% y 4,31% respectivamente), pero dicha diferencia no es estadísticamente significativa ya que se encontró un valor $p=,258$. Por otra parte se encontró que los valores de potencia promedio, potencia máxima y potencia mínima también disminuyeron de forma considerable en comparación al pretest, con porcentajes de cambio de -88,97%; -119,61% y -65,5% respectivamente para el grupo cortos y de -89,84%; -134,62% y -44,59% respectivamente para el grupo largos, es posible apreciar que, si bien el índice de fatiga disminuyó en ambos grupos, lo cual era el propósito

de la presente investigación, hubo un efecto no esperado en la disminución considerable de la potencia.

Tabla 7. Efectos de los intervalos Cortos vs Largos sobre el Índice de Fatiga y los valores de potencia luego de 8 semanas de intervención

Variable	Grupo cortos (n=6)	Grupo largos (n=5)	Diferencia de medias	Valor p
Índice de fatiga	4,31 ($\pm 3,21$)	2,41 ($\pm 1,52$)	1,902	,258
Potencia promedio	177,29 ($\pm 5,5$)	178,3 ($\pm 6,92$)	1,008	,793
Potencia máxima	181 ($\pm 4,86$)	180,2 ($\pm 7,63$)	0,800	,837
Potencia mínima	173,17 ($\pm 6,85$)	175,8 ($\pm 6,34$)	2,633	,528

Resultados intragrupo del grupo Experimental

En la tabla 8 se presentan los resultados comparativos del antes y después, realizado mediante la prueba T para muestras emparejadas para el grupo que realizó intervalos cortos, donde la media del índice de fatiga del pretest fue de 27,39%, mientras que para el postest la media fue de 4,31% y el valor p encontrado fue de 0,001; lo que significa que la diferencia fue estadísticamente significativa, disminuyendo de forma muy considerable el índice de fatiga de los deportistas, pero esto sin dejar de considerar que los valores de potencia obtenidos en el postest son muy inferiores a los obtenidos en el pretest.

Tabla 8. Pretest vs Postest del índice de fatiga del grupo Cortos

Variable	Pretest	Postest	Valor p
Índice de fatiga (%)	27,39 ($\pm 9,34$)	4,31 ($\pm 3,21$)	0,001*

Valores dados en media y desviación estándar.

*Diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$

Resultados intragrupo del grupo Control

En la tabla 9 se presentan los resultados comparativos del antes y después, realizado mediante la prueba T para muestras emparejadas para el grupo que realizó intervalos largos, donde la media del índice de fatiga del pretest fue de 36,52%, mientras que para el postest la media fue de 2,41% y el valor p encontrado fue de 0,016; lo que significa que la diferencia fue estadísticamente significativa, reduciendo altamente el índice de fatiga de los deportistas, pero al igual que se aclaró en la tabla anterior, se debe considerar que los valores de potencia obtenidos disminuyeron de forma muy considerable en el postest en comparación al pretest.

Tabla 9. Pre vs Post del índice de fatiga del grupo Largos

Variable	Pretest	Posttest	Valor p
Índice de fatiga (%)	36,52 (\pm 19,68)	2,41 (\pm 1,51)	0,016*

Valores dados en media y desviación estándar.

*Diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$

Discusión

El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de dos planes de entrenamiento tipo HIIT estructurados a partir de intervalos cortos e intervalos largos, sobre el índice de fatiga en ciclomontañistas juveniles. Los resultados arrojaron que ambas intervenciones son efectivas para disminuir el índice de fatiga de los ciclomontañistas, obteniendo porcentaje de cambio de -84,26% ($p=0,001$) en el grupo de intervalos cortos y de -93,4% ($p=0,016$) en el grupo de intervalos largos, sin haber una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos.

Estos resultados van en dirección a lo encontrado por Etxebarria et al (2014) en su estudio con triatletas moderadamente entrenados con una edad promedio de 33 ± 8 años, donde llegaron a la conclusión que 3 semanas de entrenamiento interválico con intervalos largos o cortos pueden inducir a cambios de efectos moderados en la capacidad de repetir sprints, el VO_2 pico y la PAM, sin haber diferencia entre los grupos, lo que indica que ambas intervenciones pueden ser efectivas.

De igual forma los resultados concuerdan con lo hallado por Chittibabu (2014), quien propone que realizar un plan de entrenamiento con sprints de alta intensidad entre 10 y 20 segundos con jugadoras de balonmano se puede reducir el índice de fatiga un 38,74%. Así mismo lo hallado en la presente investigación va en la línea de lo encontrado por Gendron et al (2016), quien propuso que trabajar durante 4 semanas un entrenamiento interválico de alta intensidad con ciclistas se puede mejorar el tiempo de una contrarreloj virtual un 4,2%. Dicha mejora se pudo lograr mejorando las variables de VO_2 máximo, la ventilación pulmonar y la concentración de lactato en sangre, especialmente esta última va

muy relacionada con el índice de fatiga por la capacidad del cuerpo de disponer de los desechos metabólicos del cuerpo durante el ejercicio y la fatiga.

Por otro lado los resultados también se asemejan a los encontrados por Inoue et al (2016), donde realizaron una comparación entre un método de entrenamiento interválico con intervalos largos (Grupo HIT) y con intervalos cortos (grupo SIT) en ciclomontañistas entrenados, dichos resultados arrojaron que si bien el grupo SIT tiende a tener una mejora mayor en una prueba simulada de ciclomontañismo, los resultados no son estadísticamente significativos si se comparan con el grupo HIT, similar a los encontrados en la presente investigación, donde si bien la mayor mejoría la presentan el grupo de los intervalos largos, las diferencias con el grupo cortos no es significativa y ambos métodos de entrenamiento pueden ser eficientes para la preparación de los ciclistas.

Considerando lo anterior la presente investigación va en dirección contraria a lo encontrado por Rønnestad et al (2015) cuando al comparar dos intervenciones tipo HIIT, una con intervalos cortos (grupo SI) y otra con intervalos largos (grupo LI), donde el grupo SI realizaba esfuerzos de 15 segundos mientras que el grupo LI realizaba esfuerzos de 5 minutos los niveles de potencia fueron mayores en ambos grupo, habiendo una tendencia favorable hacia el grupo SI pero sin diferencias estadísticamente significativas.

De igual forma esta investigación contradice a los resultados encontrados por Fernández, Sánchez y Vicente (2014) donde hallaron que un trabajo de 6 semanas con futbolistas juveniles divididos en 2 grupos (SET e HIT) donde el grupo SET realizo estímulos interválicos de 10,15 y 20 segundos y en grupo HIT realizó estímulos de 4 minutos, ninguno de los dos grupos mejoraron el índice de fatiga.

Conclusiones y recomendaciones

Lo encontrado en la actual investigación es que el trabajo tipo HIIT con intervalos largos y cortos pueden mejorar de forma significativa el índice de fatiga en ciclomontañistas juveniles, sin embargo dichas mejoras solo se ven reflejadas en el poco porcentaje de cambio de potencia entre los sprints del test, por otro lado, los valores de potencia registrados en el posttest fueron muy inferiores a los registrados en el pretest, que como se mencionó anteriormente una de las causas pudo haber sido no contar con el mismo instrumento con el que se realizó el pretest y tener que recurrir a un instrumento diferente

Se recomienda realizar una réplica de este estudio buscando controlar esta variable para reducir los sesgos y darle mayor precisión a los resultados encontrados dentro del mismo.

También se recomienda realizar los tests y los entrenamientos en las bicicletas propias de los deportistas o en cicloergómetros, que por efecto del tiempo y de los instrumentos disponibles en este estudio no fue posible.

Se recomienda por otra parte, replicar el estudio con muestras más numerosas y buscar estrategias o herramientas que generen una adherencia alta por parte de los deportistas en los grupos de estudio, buscando que los participantes completen en su totalidad la intervención y se eviten las deserciones en la investigación.

Por último se recomienda validar el instrumento de evaluación, debido a que puede resultar un instrumento valioso para los entrenadores y deportistas, pues en esta disciplina son pocos los instrumentos evaluativos específicos del deporte.

Referencias

- Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. *Sports medicine*, 43(5), 313-338.
- Bejder, J., Bonne, T. C., Nyberg, M., Sjøberg, K. A., & Nordsborg, N. B. (2019). Physiological determinants of elite mountain bike cross-country Olympic performance. *Journal of sports sciences*, 37(10), 1154-1161.
- Caine, D. J., Young, K., & Provance, A. J. (2018). Pediatric and adolescent injury in mountain biking, *Research in Sports Medicine*, 26:sup1, 71-90, DOI: 10.1080/15438627.2018.1438284
- Chittibabu, B. (2014). Effect of High Intensity Interval Training on and Anaerobic Capacity and Fatigue Index of Male Handball Players. *International Journal of Physical Education, Fitness and Sports*, 18-23.
- Etxebarria, N., Anson, J. M., Pyne, D. B., & Ferguson, R. A. (2014). High-intensity cycle interval training improves cycling and running performance in triathletes. *European journal of sport science*, 14(6), 521-529.
- Fernández, A. R., Sánchez, J. S., & Vicente, J. G. V. (2014). Efectos de 2 tipos de entrenamiento interválico de alta intensidad en la habilidad para realizar esfuerzos máximos (RSA) durante una pretemporada de fútbol. *Cultura, ciencia y deporte*, 9(27), 251-259.
- Gendron, P., Dufresne, P., Laurencelle, L., Trudeau, F., Bergeron-Vaillancourt, S., Bonal, A., & Lajoie, C. (2016). Performance and cycling efficiency after

supra-maximal interval training in trained cross-country mountain bikers. *Int. J. Appl. Sports. Sci*, 28, 19-30.

Girard, J., Feng, B., & Chapman, C. (2018). The effects of high-intensity interval training on athletic performance measures: a systematic review. *Physical Therapy Reviews*, 23(2), 151-160.

Hanjabam, B., & Kailashiya, J. (2015). Gender difference in fatigue index and its related physiology. *Indian J Physiol Pharmacol*, 59(2), 170-174.

Impellizzeri, F. M., & Marcora, S. M. (2007). The physiology of mountain biking. *Sports medicine*, 37(1), 59-71.

Impellizzeri, F., Sassi, A., Rodriguez-Alonso, M., Mognoni, P., & Marcora, S. (2002). Exercise intensity during off-road cycling competitions. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(11), 1808-1813.

Inoue, A., Impellizzeri, F. M., Pires, F. O., Pompeu, F. A., Deslandes, A. C., & Santos, T. M. (2016). Effects of sprint versus high-intensity aerobic interval training on cross-country mountain biking performance: a randomized controlled trial. *PloS one*, 11(1), e0145298.

Inoue, A., Sá Filho, A. S., Mello, F. C., & Santos, T. M. (2012). Relationship between anaerobic cycling tests and mountain bike cross-country performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(6), 1589-1593.

International Cycling Union. Part IV: mountain bike races. UCI cycling regulations version 11.02.2020 [online]. Disponible en URL:

<https://www.uci.org/docs/default-source/rules-and-regulations/03022020-mtbeng-left-column.pdf>.

- Laursen, P. B., Shing, C. M., Peake, J. M., Coombes, J. S., & Jenkins, D. G. (2002). Interval training program optimization in highly trained endurance cyclists. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(11), 1801-1807.
- Lee, H., Martin, D. T., Anson, J. M., Grundy, D., & Hahn, A. G. (2002). Physiological characteristics of successful mountain bikers and professional road cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 20(12), 1001-1008.
- Lopez-Chicharro, J., & Campos, D. (2018). HIIT entrenamiento interválico de alta intensidad. *Madrid: Impresiones Merinero*.
- Miyagi, W., De Poli, R., Papoti, M., Bertuzzi, R., & Zagatto, A. (2017). Anaerobic capacity estimated in a single supramaximal test in cycling: validity and reliability analysis. *Scientific reports*, 7(1), 1-10.
- Moraru, C. E., Grigore, U., Alexandru-Rare, P., & Elisabeta, E. L. (2017). Fatigue index of female athletes in relation with body mass index. *New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences*. [Online]. 01, pp 463-467. Available from: www.prosoc.eu
- Naharudin, M. N., & Yusof, A. (2013). Fatigue index and fatigue rate during an anaerobic performance under hypohydrations. *PLoS One*, 8(10), e77290.
- Pyne, D., Saunders, P., Montgomery, P., Hewitt, A., & Sheehan, K. (2008). Relationships between repeated sprint testing, speed, and endurance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(5), 1633-1637.

- Ramírez, Á., & Osorio, L. (2010). Caracterización de los escenarios para la práctica del Ciclomontañismo en Pereira (Doctoral dissertation, Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ciencias de la Salud. Ciencias del Deporte y la Recreación).
- Rodríguez Jiménez, M. F. (2017). Perfil del umbral de potencia funcional de los ciclomontañistas de la categoría elite masculina de Cundinamarca.
- 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 & science in sports*, 30(5), 849-857.
- Rønnestad, B. R., Hansen, J., Vegge, G., Tønnessen, E., & Slettaløkken, G. (2015). Short intervals induce superior training adaptations compared with long intervals in cyclists—An effort-matched approach. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 25(2), 143-151.

Apéndices

Apéndice A. Encuesta sociodemográfica y experiencia deportiva

Encuesta sociodemográfica y experiencia deportiva Club Correcaminos

Fecha:

Nombre del Deportista:

Número del documento:

Edad:

Teléfono:

Talla:

Peso:

Número de años practicando el deporte:

1__ 2__ 3__ 4__ 5__ 6__ 7__ 8__ 9__ 10+__

Número de años compitiendo a nivel departamental el deporte:

1__ 2__ 3__ 4__ 5__ 6__ 7__ 8__ 9__ 10+__

Apéndice B. Formato consentimiento informado

Efecto de dos planes de entrenamiento interválicos de alta intensidad sobre el índice de fatiga en ciclomontañistas juveniles

Instituto Universitario de Educación Física, Universidad de Antioquia.

Identificación de los profesionales responsables de la investigación	
Nombre Completo	Jose Manuel Parra Isaza (estudiante investigador)
Filiación con la entidad que realizará la investigación	Instituto Universitario de Educación Física y Deportes de la Universidad de Antioquia.
Formación académica	Estudiante del Pregrado de Entrenamiento deportivo
Teléfono - celular	3015949816-3148834851
Correo electrónico	Josem.parra@udea.edu.co

Identificación de los profesionales responsables de la investigación	
Nombre Completo	Diego Armando García Gómez (asesor)
Filiación con la entidad que realizará la investigación	Instituto Universitario de Educación Física y Deportes de la Universidad de Antioquia.
Formación académica	Licenciado en educación física y Magister en motricidad y desarrollo humano, en la línea de entrenamiento deportivo.
Teléfono - celular	312 8833089
Correo electrónico	darmando.garcia@udea.edu.co

Justificación y objetivos de la investigación

La presente es una investigación a nivel de estudios de Pregrado que será realizada en el municipio del Retiro. La misma tiene como propósito, Analizar el efecto de un plan de entrenamiento tipo HIIT con intervalos cortos, sobre el índice de fatiga, en un período de 8 semanas, comparado con un plan de entrenamiento tipo HIIT con intervalos largos, en ciclomontañistas con edades comprendidas entre los 13 y 16 años de edad del club deportivo Correcaminos.

El mundo deportivo ha sufrido muchos cambios durante los últimos años, ejemplo a ello es la gran cantidad de competencias que se han añadido en el calendario y la disminución del tiempo de entrenamiento, exigiendo a los deportistas y entrenadores buscar formas para poder trabajar los componentes del entrenamiento específicos para cada modalidad, en especial los deportes de resistencia. Una solución que ha tomado mucha popularidad es el entrenamiento tipo HIIT (entrenamiento interválico de alta intensidad por sus siglas en inglés), especialmente en los deportes conocidos tradicionalmente como de resistencia, ya que puede reducir considerablemente el tiempo de entrenamiento llegando a conseguir casi los mismos resultados que el entrenamiento tradicional.

Procedimientos a los que se someterán los participantes

Para la presente investigación se invitará a la totalidad del grupo, durante un periodo de 10 semanas que dure el estudio, las cuales corresponderán a 8 semanas de intervención y 2 de semanas de evaluación.

Durante el tiempo que duré el estudio usted se comprometerá a asistir a las valoraciones que se tienen programadas y a las sesiones de entrenamiento que se le indiquen de acuerdo al grupo al que sea asignado, las sesiones consistirán en la realización de trabajos interválicos de alta intensidad ya sea con intervalos de corta duración (30 segundos) o con intervalos de larga duración (3 minutos).

Para la ejecución de los protocolos usted podrá ser asignado a uno de los dos grupos de estudio, lo cual se realizará por medio de una técnica de distribución por conveniencia y la asignación final será hecha por aleatorización. El grupo A será intervenido con el plan de

entrenamiento con intervalos cortos; el grupo B será intervenido con el plan de entrenamiento de intervalos largos; ambos grupos entrenaran 2 veces por semana con una duración de 50 minutos, sin afectar las sesiones de entrenamiento tradicionales. Todas las sesiones de entrenamiento serán dirigidas por un estudiante del pregrado de entrenamiento deportivo y se extenderán por un periodo de 10 semanas.

Se recolectarán algunos datos antropométricos con el fin de caracterizar a los deportistas y las evaluaciones se realizarán mediante un test denominado RSA (capacidad de repetir sprints por sus siglas en inglés).

Riesgos potenciales

Los riesgos a los cuales serán sometidos los individuos están definidos como de riesgo mínimo (Resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud), considerándose solamente como riesgos los propios de la práctica deportiva.

Posibles beneficios

Si usted participa en esta investigación, tendrá los siguientes beneficios: posiblemente mejorará su capacidad aeróbica y de recuperación y posiblemente también mejorará el rendimiento específico en la modalidad deportiva.

Garantías para aclarar dudas:

Si tiene cualquier pregunta puede hacerlas ahora o más tarde, incluso después de haberse iniciado el estudio, para ello puede contactar al investigador principal del estudio:

Jose Manuel Parra Isaza, Correo electrónico josem.parra@udea.edu.co, celular 3015949816-3148834851

Libertad de levantar el consentimiento informado

Usted tiene derecho a no ser partícipe de este estudio, el no hacerlo no le afectará en ninguna forma frente a las relaciones con la Universidad de Antioquia o con el club deportivo Correcaminos, de igual forma queremos aclarar que la participación en el estudio es voluntaria y queda en total libertad de abandonar el mismo en el momento que lo considere pertinente

Confidencialidad

La información recolectada será manejada de manera confidencial y sólo los investigadores tendrán acceso a ella. No será compartida ni entregada a nadie excepto a los investigadores y a quienes analicen los datos. Los datos que usted suministre solo se utilizarán con fines investigativos.

Compromiso de entregarle información nueva

El conocimiento que obtengamos por realizar esta investigación se compartirá con usted antes de que se haga disponible al público. No se compartirá información individual que permita identificar a quien pertenecen los datos. Los resultados serán publicados para que otras personas interesadas puedan aprender de basados en las evidencias recolectadas en el ejercicio investigativo.

Declaración de consentimiento (para personas de 18 años en adelante; los menores de edad, deben tener un asentimiento informado, firmado por el padre o la madre del menor, o un representante legal)

“Certifico haber leído y entendido todos los procesos y procedimientos consignados en el estudio mencionado, por tanto, manifiesto mi interés y estoy de acuerdo en participar en la investigación. El permiso que otorgo se da de forma voluntaria, sin presiones ni coacciones, entiendo los riesgos y beneficios que se derivan del estudio, y tengo claro que puedo interrumpir mi participación en el momento que así lo considere. Se me suministrará una copia firmada de este consentimiento bajo mi petición”.

Jose Manuel Parra Isaza

Investigador principal

Firma del investigador

Nombre del Participante (letra)

Firma del participante

Fecha

Apéndice C. Formato asentimiento informado

Efecto de dos planes de entrenamiento interválicos de alta intensidad sobre el índice de fatiga en ciclomontañistas juveniles

Identificación de los profesionales responsables de la investigación	
Nombre Completo	Jose Manuel Parra Isaza (estudiante investigador)
Filiación con la entidad que realizará la investigación	Instituto Universitario de Educación Física y Deportes de la Universidad de Antioquia.
Formación académica	Estudiante del Pregrado de Entrenamiento deportivo
Teléfono - celular	3015949816-3148834851
Correo electrónico	Josem.parra@udea.edu.co

Identificación de los profesionales responsables de la investigación	
Nombre Completo	Diego Armando García Gómez (asesor)
Filiación con la entidad que realizará la investigación	Instituto Universitario de Educación Física y Deportes de la Universidad de Antioquia.
Formación académica	Licenciado en educación física y Magister en motricidad y desarrollo humano, en la línea de entrenamiento deportivo.
Teléfono - celular	312 8833089
Correo electrónico	darmando.garcia@udea.edu.co

Justificación y objetivos de la investigación

La presente es una investigación a nivel de estudios de Pregrado que será realizada en el municipio del Retiro. La misma tiene como propósito, Analizar el efecto de dos metodologías de entrenamiento de alta intensidad sobre el índice de fatiga, en ciclomontañistas con edades comprendidas entre los 13 y 16 años de edad del club deportivo Correcaminos.

El mundo deportivo ha sufrido muchos cambios durante los últimos años, ejemplo a ello es la gran cantidad de competencias que se han añadido en el calendario y la disminución del tiempo de entrenamiento, exigiendo a los deportistas y entrenadores buscar formas para poder trabajar los componentes del entrenamiento específicos para cada modalidad, en especial los deportes de resistencia. Una solución que ha tomado mucha popularidad es el entrenamiento interválico de alta intensidad, especialmente en los deportes conocidos tradicionalmente como de resistencia, ya que puede reducir considerablemente el tiempo de entrenamiento llegando a conseguir casi los mismos resultados que el entrenamiento tradicional.

Procedimientos a los que se someterán los participantes

Para la presente investigación se invitará a la totalidad del grupo, durante un periodo de 10 semanas que dure el estudio, las cuales corresponderán a 8 semanas de intervención y 2 de semanas de evaluación.

Durante el tiempo que duré el estudio te comprometerás a asistir a las valoraciones que se tienen programadas y a las sesiones de entrenamiento que se le indiquen de acuerdo al grupo al que seas asignado, las sesiones consistirán en la realización de trabajos interválicos de alta intensidad ya sea con intervalos de corta duración (30 segundos) o con intervalos de larga duración (3 minutos).

Para la ejecución de los protocolos usted podrá ser asignado a uno de los dos grupos de estudio, se asignará al cualquiera de los dos grupos por medio del azar. El grupo A será intervenido con el plan de entrenamiento con intervalos largos; el grupo B será intervenido con el plan de entrenamiento de intervalos largos; ambos grupos entrenaran 2 veces por semana con una duración de 50 minutos a sin afectar las sesiones de entrenamiento tradicionales. Todas las sesiones de entrenamiento serán dirigidas por un estudiante del pregrado de entrenamiento deportivo y se extenderán por un periodo de 10 semanas.

Se recolectarán datos de talla y peso con el fin realizar una caracterización a los deportistas.

Riesgos potenciales

La participación en el estudio no tiene ningún riesgo adicional o diferente al que se tiene en los entrenamientos normales

Posibles beneficios

Si decides participar en esta investigación, tendrá los siguientes beneficios: posiblemente mejorará tu capacidad para soportar mayor tiempo ritmos elevados sobre la bicicleta, cansándote menos y posiblemente también mejorará el rendimiento específico en el ciclomontañismo.

Garantías para aclarar dudas

Sí tienes alguna pregunta ahora o después, puedes hacerla a alguno de los investigadores, a tus padres, familiares o entrenadores.

Libertad de levantar el consentimiento informado

Sí aceptas participar y luego cambias de opinión, podrás retirarte del estudio cuando tú lo quieras, no tendrás que solicitar permiso ni a tus padres ni a los investigadores y podrás continuar con tus actividades normales.

Confidencialidad

Los investigadores aseguramos que se mantendrá un total respeto por la privacidad e integridad de los participantes y que en cada una de las sesiones de evaluación, estará presente un entrenador del club.

Compromiso de entregarle información nueva

Cuando el estudio termine te contaremos a ti y a todos los compañeros que participen, cuál fue el resultado de las pruebas y de la comparación entre los integrantes de cada uno de los grupos. Le entregaremos al club un informe que podrá ser leído por todos

los entrenadores para que ellos también se enteren sobre cuál es el nivel de rendimiento de los participantes.

Declaración de asentimiento (para personas menores de 18 años)

“Certifico haber entendido y leído (en caso de que el menor sepa leer) todos los procesos y procedimientos consignados en el estudio mencionado, por tanto, manifiesto mi interés y estoy de acuerdo en participar en la investigación. El permiso que otorgo se da de forma voluntaria, sin presiones ni coacciones, entiendo los riesgos y beneficios que se derivan del estudio, y tengo claro que puedo interrumpir mi participación en el momento que así lo considere. Se me suministrará una copia firmada de este consentimiento bajo mi petición”.

Jose Manuel Parra Isaza

Investigador principal

Firma del Investigador

Nombre del Participante (letra)

Firma del participante

Nombre del Representante Legal (letra)

Firma del Representante Legal

Fecha