

Rendimiento en el deporte

Efectos del entrenamiento isoinercial sobre el índice de fatiga del tren inferior en futbolistas Sub 20

Effects of isoinertial training on the lower body fatigue index in U20 soccer players

Peña Ardila, Erwin Farid¹, Rey Ariza, Christian Fabián¹, Luna Vargas, Danna Sofía¹, Cárdenas Graciano, Carol Andrea¹

¹ Universidad Santo Tomás – Bucaramanga.

Dirección de contacto: faridarquero@gmail.com

Erwin Farid Peña Ardila

Fecha de recepción: 11 de marzo de 2025

Fecha de aceptación: 26 de septiembre de 2025

RESUMEN

El fútbol es un deporte donde los jugadores deben realizar múltiples acciones principalmente de carácter intermitente, lo que incurre en fatiga, siendo esta una limitante del rendimiento óptimo. El objetivo fue conocer los efectos del entrenamiento isoinercial sobre el índice de fatiga del tren inferior en futbolistas Sub 20. La muestra (n=29) fue distribuida aleatoriamente en un grupo experimental (GE, n=15) y un grupo control (GC, n=14). El GE realizó un protocolo de entrenamiento isoinercial de 15 semanas (2 sesiones/semana) además de su entrenamiento habitual, mientras que el GC solo realizó su entrenamiento habitual. Se evaluó el índice de fatiga (IF) y las potencias máxima (P_{máx}) y mínima (P_{mín}) mediante el test RAST antes y después de la intervención. Tras el protocolo, el GE mostró un aumento estadísticamente significativo en la potencia mínima (Pre: 358.6 ± 85.4 W vs. Post: 358.9 ± 85.1 W; $p=0.043$), mientras que la potencia máxima y el índice de fatiga no presentaron cambios significativos ($p > 0.05$). No se observaron cambios significativos en ninguna de las variables para el GC ($p > 0.05$). Se concluye que un protocolo de entrenamiento isoinercial de 15 semanas mejora los niveles de potencia mínima y contribuye a mantener estable el índice de fatiga en futbolistas Sub 20 altamente entrenados.

Palabras clave: entrenamiento isoinercial, futbolistas, RAST, rendimiento.

ABSTRACT

Soccer is a sport where players perform multiple intermittent actions, leading to fatigue, which limits optimal performance. The objective was to determine the effects of isoinertial training on the lower body fatigue index in U20 soccer players. The sample (n=29) was randomly assigned to an experimental group (EG, n=15) and a control group (CG, n=14). The EG performed a 15-week isoinertial training protocol (2 sessions/week) in addition to their regular training, while the CG only performed their regular training. The fatigue index (FI), maximum power (Pmax), and minimum power (Pmin) were assessed using the Running-based Anaerobic Sprint Test (RAST) before and after the intervention. Following the protocol, the EG showed a statistically significant increase in minimum power (Pre: 358.6 ± 85.4 W vs. Post: 358.9 ± 85.1 W; $p=0.043$), whereas maximum power and fatigue index showed no significant changes ($p > 0.05$). No significant changes were observed in any variable for the CG ($p > 0.05$). A 15-week isoinertial training protocol improves minimum power levels and helps maintain a stable fatigue index in highly-trained U20 soccer players.

Keywords: footballers, isoinertial training, performance, RAST.

INTRODUCCIÓN

El fútbol es un deporte en el que durante las últimas décadas, se han venido analizando demandas, perfiles fisiológicos, comportamientos morfológicos y mecánicos, entre otros (Aslan et al., 2012), donde por la duración del mismo juego se puede clasificar como un deporte que metabólicamente depende principalmente del componente aeróbico, pero con múltiples eventos acíclicos de constante repetición tales como correr, esprintar, saltar, entre otros (Raya & Sánchez, 2018), las cuales se pueden llevar a cabo principalmente por la manifestación de las vías metabólicas anaeróbicas, siendo estas repetibles con diferentes intervalos de recuperación según las fases y momentos del partido o entrenamiento que se esté desarrollando (Tlatoa et al., 2013).

Por la naturaleza del fútbol, y las nuevas formas de juego implican análisis conceptuales sobre el modelo de juego, y la identificación de elementos que estas deben contener (Martín & Martínez, 2019). Entre las acciones que más encontramos en el desarrollo de dicho deporte son los esprints, los cuáles varían teniendo en cuenta factores como la velocidad, la distancia, si se conduce o no el balón, si se superan o no rivales, entre otros (Padilla & Lozada, 2013), la repetición de esprints puede dar lugar a la aparición de fatiga, la cual se puede presentar en el marco del entrenamiento o las competencias (Barettini, 2016).

En el caso de la English Premier League donde en promedio cada jugador realiza 59 esprints de alta intensidad a una velocidad de 28,8Km/h, dichas acciones corresponden a 177m de los 10,6km recorridos en cada partido (Bradley, P. S., et al., 2009), estas distancias representan una amplia demanda de las capacidades físicas predominando en este caso la velocidad, siendo esta limitada por la aparición de fatiga que es una situación usual, pero que si no se controla puede llevar a un impacto negativo en el desempeño de cada jugador (Marqués et al., 2016). Dichos niveles de fatiga son susceptibles de ser mejorados, por medio de las adaptaciones propias que implica el proceso de entrenamiento y la competición, según las capacidades predominantes y determinantes de cada especialidad deportiva (Serrato & Galeano, 2015).

En este sentido, buena parte del entrenamiento busca sobreponerse a la fatiga, la cual favorece la disminución del rendimiento y aumenta el riesgo de lesiones (Håggglund et al., 2013). Por consiguiente,

los entrenamientos de los futbolistas desde el componente de la preparación física, se desarrollan en muchas ocasiones fuera de la cancha, como en piscinas, laboratorios, gimnasios y demás (Torrebadella & Arrechea, 2019); el entrenamiento en los gimnasios está orientado a mejorar diversas expresiones de la fuerza, la cual es una capacidad imprescindible en el fútbol (Sánchez et al., 2015).

Dentro de las metodologías avanzadas para el desarrollo de la fuerza, el entrenamiento isoinercial ha ganado una considerable atención por sus beneficios específicos en el rendimiento deportivo y la rehabilitación (Guzmán, 2023). A diferencia de los métodos tradicionales con pesos libres, que se centran en la fase concéntrica contra la gravedad, la tecnología isoinercial utiliza la inercia de un volante giratorio para ofrecer una resistencia que se adapta al esfuerzo del atleta en todo el rango de movimiento, tanto en la fase concéntrica como en la excéntrica (Beato & Dello, 2020).

La característica más distintiva y ventajosa del entrenamiento isoinercial es su capacidad para generar una sobrecarga excéntrica, donde la fuerza requerida para desacelerar el volante en la fase excéntrica puede superar la producida en la fase concéntrica (Norrbrand et al., 2010). Esta sobrecarga excéntrica es fundamental para el futbolista, ya que las acciones determinantes en un partido, como las frenadas bruscas, los cambios de dirección, los saltos y los golpes de balón, dependen en gran medida de la capacidad del músculo para absorber fuerza excéntricamente (Fiorilli, 2020). La evidencia sugiere que este tipo de estímulo neuromuscular no solo mejora la fuerza y la potencia, sino que también induce adaptaciones neurales que pueden optimizar la precisión y la velocidad en gestos técnicos específicos del fútbol (Fiorilli, 2020; Guzmán, 2023), además de ser un método eficaz en la prevención de lesiones, especialmente de isquiotibiales (Askling, 2003).

Dada la evidencia sobre los beneficios potenciales del entrenamiento isoinercial en acciones clave del fútbol y la prevención de lesiones, se hace pertinente investigar su impacto sobre la resistencia a la fatiga. Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo principal conocer los efectos de un programa de entrenamiento isoinercial sobre el índice de fatiga del tren inferior en futbolistas Sub 20. Adicionalmente, se pretendió evaluar las variaciones en la potencia máxima y mínima como indicadores del rendimiento anaeróbico.

MÉTODO

Se llevó a cabo un ensayo controlado aleatorizado [...]. La muestra estuvo constituida por 29 futbolistas de la categoría Sub 20 (entrenamientos diarios y competición uno o dos días a la semana), pertenecientes a un club de la Primera División del Fútbol Profesional Colombiano. Todos los participantes contaban con un mínimo de 5 años de experiencia en entrenamiento de fútbol estructurado dentro del club y tenían experiencia previa en programas de entrenamiento de fuerza con cargas (sentadillas, peso muerto, press de banca, curl de bíceps y halón frontal), como parte integral de su preparación física habitual. Sin embargo, ninguno había participado en un programa de entrenamiento isoinercial sistematizado previamente. Se aleatorizó la muestra empleando el método coordinado negativo, donde los 29 participantes se asignaron para grupo experimental (n=15) y para grupo control (n=14).

Se consideraron como criterios de inclusión pertenecer a la categoría Sub 20, tener una regularidad de entrenamiento de fútbol 5 días por semana, tener 5 años de antigüedad con el club; mientras que en los criterios de exclusión se tuvo en cuenta lesiones locomotoras, enfermedad respiratoria, cirugías, entre otras afecciones de salud establecidas por los investigadores y el cuerpo médico del equipo que no

permitieran participar a algún participante o que sean factor de riesgo contra los participantes en el momento del inicio del estudio.

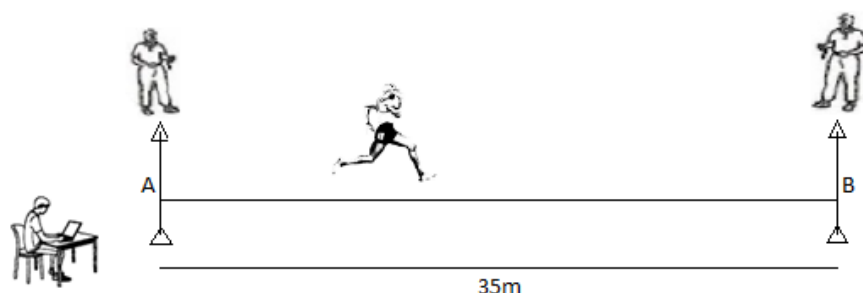
Todos los sujetos fueron informados acerca de los detalles, riesgos y beneficios, firmándose el formato consentimiento informado. El estudio contó con la aprobación del Comité de Ética, Bioética e Integridad Científica de la Universidad Santo Tomás Seccional Bucaramanga.

Todos los participantes del estudio se sometieron a una evaluación previa por medio del Running-based Anaerobic Sprint Test (RAST por sus siglas en inglés), para la cual se tuvieron en cuenta los siguientes elementos: 1) campo de fútbol de césped natural con una delimitación de 35m en línea recta; 2) cuatro conos para marcar los dos extremos de 35m; 3) dos cronómetros; 4) dos cronometradores, uno en los esprints y otro en los registros del tiempo tomado por el deportista para regresar (10 segundos); 5) un asistente, el cual va tomando el registro numérico de cada uno de los tiempos realizados por los deportistas y realiza los cálculos pertinentes.

Por su parte para el deportista se tienen en cuenta aspectos como: 1) pesaje previo a la ejecución test; 2) calentamiento de 10 minutos; 3) reposo de cinco minutos; 4) completa seis series de velocidad cubriendo una distancia 35 metros a máxima intensidad, con un intervalo de descanso de 10 segundos entre repeticiones (Figura 1). Dicho test se llevó a cabo a una temperatura ambiente de 23 °C, humedad de 93%, iniciándose a las 8:30am donde los integrantes de la muestra tuvieron su última ingesta 2 horas antes de la prueba, permitiéndose sólo la ingesta de hidratación previa a la prueba.

Figura 1.

Circuito para ejecución del test de RAST



Fuente: Elaboración propia

Grupo experimental: Este grupo realizó el protocolo de entrenamiento isoinercial modificado de (Romero et al., 2014) en las máquinas Yoyo Full Body Inercial y Cono Inercial Marca Wheeler®, los cuales a su vez funcionan con el software Chronojump Boscosystem®, donde se realizan contracciones concéntricas y excéntricas en un corto periodo de tiempo. En el caso del Yoyo consiste en una plataforma metálica con las siguientes medidas (100x50; 90x40cm) y un peso de 25 kg, mientras que el cono está sujeta en una base de (30x30 cm) y un peso de 25Kg, los cuales cada uno usa hasta un máximo de seis plomadas donde cada una tiene un peso de 434 gr.

El protocolo tuvo una duración total de 17 semanas. La primera semana se destinó a las mediciones antropométricas y la evaluación del índice de fatiga diagnóstico que se hizo por medio del test de RAST. Posteriormente, se llevó a cabo las 15 semanas de protocolo isoinercial modificado de (Romero et al., 2014), con una frecuencia constante de dos días por semana, intensidad constante de máxima velocidad, con una variación progresiva de la carga, donde todos los deportistas iniciaron con una carga de dos plomadas durante la semana 2 y 3; cuatro plomadas durante las semanas 4 a 6; y seis

plomadas durante las semanas 7 a 16, además durante las semanas 2 a la 6 se manejó un volumen de 2x6 rep (fase 1), de la semana 7 a la 11 un volumen de 2x6rep (fase 2), y de la semana 12 a la 16 un volumen de 3x6rep (fase 3), en total se realizaron 9 repeticiones durante cada una de las series, pero para los análisis se tienen en cuenta las repeticiones a partir de la 4, esto es debido a que de las repeticiones 1 a 3 el deportista empieza a generar el impulso necesario propio de las máquinas isoinerciales y generar la calibración para dar inicio a las repeticiones reales.

Durante todas las sesiones de entrenamiento se manejó un tiempo de recuperación de 2 minutos entre series y 5 minutos entre ejercicios; adicionalmente se realizó un registro del impulso, el pico de potencia y la pérdida de potencia concéntrica (Tabla 1), donde a su vez siempre se mantuvieron realizando sus sesiones de entrenamiento regular de fútbol propios de club junto con el grupo control (totalidad de la plantilla). Finalmente, la última semana fue destinada a la evaluación final del índice de fatiga medida nuevamente por medio del test de RAST.

Tabla 1.

Valores de impulso, pico de potencia y pérdida de potencia concéntrica durante las 30 sesiones de entrenamiento llevadas a cabo por el grupo experimental

Variable	Unidad	Medida	DE
Impulso	N	10357	1822
Pico de potencia	Watts	2518	1007
Pérdida potencia concéntrica	%	12	23.8

La intervención se fundamentó en un protocolo de entrenamiento isoinercial periodizado de 15 semanas. Este programa, adaptado de Romero et al. (2014), se estructuró con una frecuencia de dos sesiones semanales y se basó en el principio de sobrecarga progresiva, aumentando sistemáticamente la carga inercial y el volumen de trabajo a lo largo de las tres fases de entrenamiento, mientras la intensidad se mantuvo en la máxima velocidad de ejecución posible (Tabla 2).

Tabla 2.

Programa de entrenamiento aplicado al grupo experimental 2 veces por semana, modificado de Romero et al. (2014)

Protocolo de Entrenamiento		
Fase de evaluación inicial	Semana 1	
Fase 1	Semana 2,3,4,5,6	
Ejercicio	Volumen de trabajo serie x rep	Intensidad
Yoyo squat		
Yoyo Leg		
Curl		
Impulsión lateral VP	2X6	Máxima Velocidad
Patada de isquiotibial VP		
Cadena Apertura VP		
Cadena Cierre VP		
Gemelo VP		

Fase 2	Semana 7,8,9,10,11	
Ejercicio	Volumen de trabajo serie X rep	Intensidad
Yoyo squat		
Yoyo Leg		
Curl		
Impulsión lateral VP		
Patada de isquiotibial VP	2X6	Máxima velocidad
Cadena Apertura VP		
Cadena Cierre VP		
Gemelo VP		
Fase 3	Semana 12,13,24,25,16	
Ejercicio	Volumen de trabajo serie x rep	Intensidad
Yoyo squat		
Yoyo Leg		
Curl		
Impulsión lateral VP	3X6	Máxima velocidad
Patada de isquiotibial VP		
Cadena Apertura VP		
Cadena Cierre VP		
Gemelo VP		
Fase de evaluación final	Semana 17	

Grupo control: Este grupo continuó con el programa de entrenamiento regular del club durante las 15 semanas de intervención, al igual que el grupo experimental. Dicho programa consistía en cinco sesiones semanales de entrenamiento en campo, con una duración aproximada de 90 a 120 minutos por sesión. Las sesiones incluían trabajo técnico-táctico (rondos, juegos de posesión, ejercicios de finalización, estrategia), junto con componentes de preparación física general (circuitos de agilidad, trabajo de velocidad y resistencia específica al fútbol). Al igual que el grupo experimental, se sometieron a las mediciones antropométricas y al test de RAST en la semana 1 y en la semana 17.

Análisis Estadístico

Se utilizó el Software Stata 12.0 donde se aplicó la prueba Shapiro Wilk para determinar la distribución de las variables continuas; éstas fueron analizadas en medidas de tendencia central y de dispersión según su distribución. La comparación intragrupos del cambio en las variables de interés antes y después de la intervención se ejecutó con la prueba t de Student para datos pareados. El análisis de comparación entre posiciones entre variables de interés antes y después de la intervención en el grupo experimental y control se realizó con la prueba ANOVA. Finalmente, se tomó en cuenta un nivel de significación del 5% para todo el análisis.

RESULTADOS

La edad media de la muestra analizada fue de $18,3 \pm 0,72$ años, la talla fue de $1,79 \pm 0,06$ m, el peso de $76,9 \pm 8,1$ Kg, el IMC fue de $23,8 \pm 2,01$ kg/m², y el % graso fue de $11,8 \pm 3,5$ % (Tabla 3).

Tabla 3.

Análisis descriptivo de la muestra

Variables		Total (n=29)	
		Media	DE
Edad	(años)	18.3	0.72
Talla	(m)	1.79	0.06
Peso	Kg	76.9	8.1
IMC	(Kg/m ²)	23.8	2.01
% Grasa	%	11.8	3.5

No se encuentran diferencias estadísticamente significativas en las variables antropométricas ni en las de rendimiento al realizar la comparación de las características basales entre ambos grupos ($p > 0.05$), lo que confirma la homogeneidad de los grupos al inicio del estudio. (Tabla 4).

Tabla 4.

Análisis descriptivo de la muestra distinguiendo el grupo control, experimental y el total

Variables		Control (n=14)		Experimental (n=15)		Total (n=29)		Valor de <i>p</i>
		Media	DE	Media	DE	Media	DE	
Edad	(años)	18.2	0.89	18.5	0.51	18.3	0.72	0.245
Talla	(m)	1.78	0.06	1.80	0.06	1.79	0.06	0.541
Peso	Kg	74.6	7.4	79.1	8.46	76.9	8.1	0.146
IMC	(Kg/m ²)	23.3	1.92	24.2	2.07	23.8	2.01	0.263
% Grasa	%	10.6	3.2	12.8	3.48	11.8	3.5	0.099
Potencia máxima	Watts	649.5	150.9	589.6	124.3	618.5	138.6	0.252
Potencia mínima	Watts	363.7	76.7	358.6	85.4	361	79.9	0.866
IF	%	10.5	0.51	38.5	11.6	40.5	11.9	0.349

Tras las 15 semanas de entrenamiento isoinercial, se observó un aumento estadísticamente significativo en la potencia mínima ($p=0.043$), que pasó de una media de 358.6 ± 85.4 W a 358.9 ± 85.1 W. Por el contrario, no se encontraron cambios significativos ni en la potencia máxima ($p=0.613$) ni en el índice de fatiga ($p=0.976$), los cuales permanecieron estables (Tabla 5).

Tabla 5.

Valores de potencias e índice de fatiga conseguidos para pretest y posttest en el grupo experimental

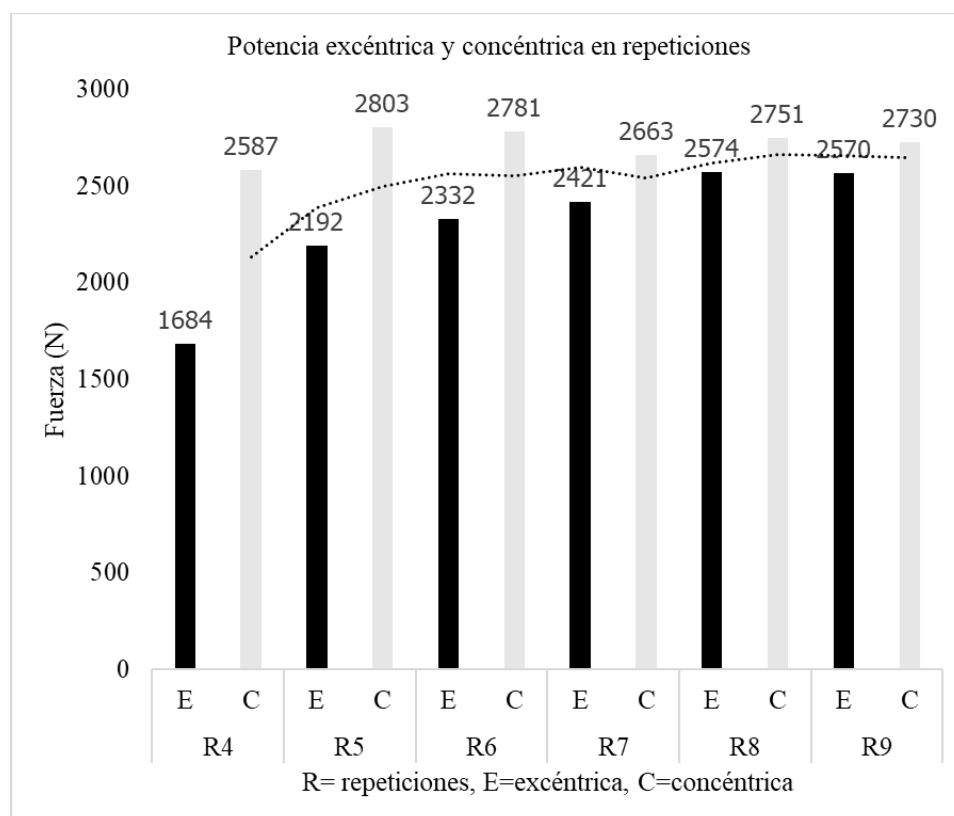
Variables		Pretest		Posttest		Valor de p
		Media	DE	Media	DE	
Potencia máxima	Watts	589.6	124.3	591.2	126.7	0.613
Potencia mínima	Watts	358.6	85.4	358.9	85.1	0.043**
IF	%	38.5	11.6	38.5	12.1	0.976

**Resultado estadísticamente significativo

Se encontró que, el comportamiento de la fuerza concéntrica y excéntrica durante las repeticiones registradas en las sesiones de entrenamiento isoinercial. Se observa que, aunque el componente excéntrico no superó al concéntrico, la diferencia entre ambas fases se redujo progresivamente desde la repetición 4 (R4) hasta la R9, sugiriendo una creciente eficiencia neuromuscular en la fase de frenado a medida que avanzaba la serie. (Gráfico 1).

Gráfico 1.

Media de la potencia excéntrica y concéntrica en repeticiones a lo largo de las 30 sesiones de entrenamiento isoinercial



En contraste, el grupo control no mostró variaciones significativas en ninguna de las variables de rendimiento al final del periodo de estudio. La potencia máxima ($p=0.191$), la potencia mínima ($p=0.061$) y el índice de fatiga ($p=0.546$) se mantuvieron en niveles similares a los de la evaluación inicial (Tabla 6).

Tabla 6.

Valores de potencias e índice de fatiga conseguidos para pretest y posttest en el grupo control

Variables		Pretest		Posttest		Valor de p
		Media	DE	Media	DE	
Potencia máxima	(Watts)	649.5	150.9	637.1	162.3	0.191
Potencia mínima	(Watts)	363.7	76.7	345.4	87.8	0.061
Índice de Fatiga	(%)	10.5	0.51	43.9	15.2	0.546

Al analizar los datos en función de la posición de juego (Tablas 6 y 7), no se hallaron diferencias significativas en el cambio (delta) de ninguna de las variables de rendimiento entre las distintas posiciones, tanto en el grupo experimental como en el grupo control ($p > 0.05$ en todos los casos), (Tabla 7 y 8).

Tabla 7.

Valores de potencia máxima, potencia mínima e índice de fatiga en el grupo experimental por posición de juego

Posición de Juego	Variable	Media	DE	Valor de P
Arqueros		14,7	0	
Defensas	Delta Pot. Máx. (Watts)	0,84	1,34	0,799
Mediocampistas		0,73	1,64	
Delanteros		0,56	25,6	
Arqueros		0	0	
Defensas	Delta Pot. Mín. (Watts)	0,26	0,56	0,511
Mediocampistas		0,21	0,41	
Delanteros		0,8	0,97	
Arqueros		1,07	0	
Defensas	Delta IF (%)	0,05	0,2	0,911
Mediocampistas		0,01	0,17	
Delanteros		-0,4	3,64	

Tabla 8.

Valores de potencia máxima, potencia mínima e índice de fatiga en el grupo control por posición de juego

Posición de juego	Variable		Media	DE	Valor de P
Arqueros			-18,7	0	0,907
Defensas	Delta	Pot.	-22,6	37,4	
Mediocampistas	Máx. (Watts)		-8,9	6,8	
Delanteros			-5,4	48,6	
Arqueros			-35,3	0	0,961
Defensas	Delta	Pot.	-13,7	20	
Mediocampistas	Min. (Watts)		-16,4	61,4	
Delanteros			-20	20,3	
Arqueros			3,3	3,3	0,881
Defensas	Delta IF (%)		-1,5	-1,5	
Mediocampistas			2,3	2,3	
Delanteros			2,1	2,1	

DISCUSIÓN

En el presente estudio se evidencia que el entrenamiento isoinercial desarrollado durante quince semanas, con una frecuencia de dos días a la semana en un grupo de futbolistas juveniles aumenta la potencia mínima sin alterar su potencia máxima e índice de fatiga obtenidos por medio del test de RAST.

En futbolistas profesionales, la evidencia encontrada ha mostrado que el entrenamiento de fuerza con inclusión de desaceleraciones que favorecen el trabajo excéntrico, puede generar beneficios adicionales para prevención de lesiones (Askling, 2003), (Norrbrand et al., 2010; Pazmiño et al., 2024), lo cual a su vez produce un mejoramiento en los cambios de ritmo, sostener la repetición de esprints y fuerza explosiva de tren inferior (Pérez et al., 2021), y se establece como una metodología que ayuda en la prevención de lesiones y rehabilitación de las mismas (Mosteiro & Domínguez, 2017). El cambio de 358.6 a 358.9 W es estadísticamente significativo ($p=0.043$), pero la magnitud es casi nula aumento en la potencia mínima obtenida en los deportistas sometidos a trabajo isoinercial en el presente estudio, pero puede sugerir, que este tipo de entrenamiento les permite una mayor capacidad de respuesta a situaciones rápidas de juego o cambios de dirección (Fousekis, 2022). Por lo anterior, este menor nivel de caída de la potencia en el grupo experimental debe ser un elemento importante para tener en cuenta por el staff técnico durante la planeación semanal de entrenamiento (Avrillon, 2017).

La mayoría de los profesionales prescriben dos sesiones semanales de entrenamiento isoinercial durante la pretemporada y durante el periodo competitivo, dichas unidades de entrenamiento consisten principalmente en sentadillas, acompañadas frecuentemente de una variedad de ejercicios como estocada, bisagra de cadera y ejercicios de cadena cinética abierta (De Keijzer et al., 2022). Nuestro protocolo se basó en el utilizado por Romero et al. (2014) e incluyó la variedad de patrones de movimiento descritos anteriormente, duplicó la frecuencia semanal de entrenamiento, y redujo en dos repeticiones la dosificación en la fase 3 de entrenamiento. Teniendo en cuenta lo anterior, y

considerando que el estudio de Romero et al. (2014) no mostró cambios postintervención, se hace necesario continuar ajustando los protocolos de entrenamiento isoinercial para evidenciar variabilidad en potencia máxima e índice de fatiga para el tipo población analizada.

Es importante considerar que la prueba utilizada es versátil e incluye un patrón de movimiento común en los futbolistas, siendo además de bajo costo por lo cual puede incorporarse fácilmente al entrenamiento de rutina, donde al respecto, los resultados en cuanto a las propiedades psicométricas del test de RAST, específicamente Zagatto et al. (2009) declara esta prueba como confiable y válida al ser aplicada en 40 militares.

Otras de las posibles razones que pueden ayudar a justificar los escasos cambios de las variables de potencia analizadas por el test de RAST, es el efecto techo, lo anterior, teniendo en cuenta que, los dos grupos analizados evidenciaron niveles de potencia normales para sus características, incluso cercanas a las de deportistas de élite cuando relacionamos el resultado por el peso corporal (W/Kg), (Jastrzębska, 2023; Konopka & Harber, 2014; Popadic et Al., 2009; Schoenfeld et al., 2015). Además, es importante resaltar que la mayoría de los individuos analizados tenían experiencia en el uso de máquinas isoinerciales.

Se sugiere que para próximas investigaciones se tenga en cuenta nuevos protocolos de entrenamiento isoinercial donde a su vez se incluya el trabajo del tren superior, así como también tener en cuenta los tipos de ejercicios aplicados por posición de juego.

La presente investigación permite concluir que la implementación de un protocolo de entrenamiento isoinercial de 15 semanas, aplicado dos veces por semana como complemento al entrenamiento regular de fútbol, induce una mejora estadísticamente significativa, aunque de pequeña magnitud, en los niveles de potencia mínima en futbolistas Sub-20 altamente entrenados. Si bien no se modificaron la potencia máxima ni el índice de fatiga, el mantenimiento de estos indicadores de rendimiento, en contraste con la tendencia no significativa al descenso en el grupo control, sugiere que el entrenamiento isoinercial es una herramienta eficaz para contrarrestar los efectos de la fatiga acumulada durante la temporada y sostener la capacidad de realizar esfuerzos repetidos. Por lo tanto, el entrenamiento isoinercial se postula como una estrategia valiosa no solo para buscar picos de rendimiento, sino también para asegurar la estabilidad y la robustez del rendimiento anaeróbico a lo largo de un exigente ciclo competitivo.

APLICACIONES PRÁCTICAS

Teniendo en cuenta los antecedentes encontrados y los resultados obtenidos en el presente estudio, los valores de potencia máxima, potencia mínima e índice de fatiga resultan viables para cuantificar dichos elementos del componente anaeróbico antes, durante y después de la temporada, y esto a su vez, siguiendo planes de entrenamiento isoinercial los cuales con investigaciones futuras, se podrán mejorar llegando a proponer protocolos para futbolistas atendiendo a las posiciones en las que juegan, sus perfiles morfofisiológicos y morfofuncionales, entre otras variables.

LIMITACIONES

La mayor limitación en la presente investigación fue el número de sujetos analizados, los cuales fueron seleccionados a conveniencia, puesto que con un tamaño de muestra mayor se puede llegar a encontrar resultados mayormente significativos, por lo tanto, se sugiere para futuras investigaciones contar con un tamaño de muestra mayor y diseñar diferentes tipos de protocolos isoinerciales para los futbolistas a partir de sus posiciones de juego.

AGRADECIMIENTOS

Los autores extienden los agradecimientos al Staff Técnico y jugadores de la categoría Sub20 por disponer de la plantilla para el desarrollo del presente estudio, a la Universidad Santo Tomás seccional Bucaramanga por la financiación de este, y su Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación; al profesor Julián Ricardo Bahamón Porras por dirigir las sesiones de entrenamiento isoinercial al grupo de futbolistas.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores de la presente investigación manifiestan no tener conflicto de intereses en relación al presente estudio.

REFERENCIAS

- Askling, C. K. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 13(4), 244–250. <https://doi.org/10.1046/j.1600-0838.2003.00339.x>
- Aslan, A., Acikada, C., Guvenc, A., Goren, H., Hazir, T., & Ozkara, A. (2012). Metabolic demands of match performance in young soccer players. *Journal of Sports Science & Medicine*, 11(1), 170–179.
- Avrillon, S. J. (2017). Influence of isoinertial-pneumatic mixed resistances on force-velocity relationship. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(3), 385–392. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0131>
- Barettini, I. (2016). Capacidad de repetir sprints en el fútbol: Revisión y consideraciones para un entrenamiento integrado. *Revista de Preparación Física en el Fútbol*, 1–10.
- Beato, M., & Dello Iacono, A. (2020). Implementing flywheel (isoinertial) exercise in strength training: Current evidence, practical recommendations, and future directions. *Frontiers in Physiology*, 11, 586. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00586>
- Bradley, P. S., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas, P., & Krstrup, P. (2009). High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 159–168. <https://doi.org/10.1080/02640410802512775>
- De Calasan, J., García Martínez, R., Izquierdo, N., & García Pallarés, J. (2013). Efectos del entrenamiento de fuerza sobre la resistencia aeróbica y la capacidad de aceleración en jóvenes futbolistas. *Journal of Sport and Health Research*, 5(1), 87–94.
- De Keijzer, K. L. (2022). Perception and application of flywheel training by professional soccer practitioners. *Biology of Sport*, 39(4), 809–817. <https://doi.org/10.5114/biolport.2022.106290>
- Draper, P., & Whyte, G. (1997). Pruebas de rendimiento anaeróbico. *Máximo Rendimiento*, 87, 7–9.

- Fiorilli, G. M. (2020). Isoinertial eccentric-overload training in young soccer players: Effects on strength, sprint, change of direction, agility, and soccer shooting precision. *Journal of Sports Science & Medicine*, 19(1), 213–223.
- Fousekis, A. F. (2022). The effects of free weights and isoinertial resistance during semisquatting exercise on amateur soccer players' physical performance indicators: A randomized controlled study. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 62(5), 609–617. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.22.13072-9>
- Guzmán Muñoz, E. E. (2023). Efectos de seis semanas de entrenamiento isoinercial sobre la capacidad de salto, velocidad de carrera y equilibrio postural dinámico. *Retos: Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 48, 291–297.
- Häggglund, M., Waldén, M., Magnusson, H., Kristenson, K., Bengtsson, H., & Ekstrand, J. (2013). Injuries affect team performance negatively in professional football: An 11-year follow-up of the Champions League injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 47(12), 738–742. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092215>
- Jastrzębska, A. (2023). Comparison of usefulness of two tests measuring anaerobic performance of untrained and soccer-training girls U12. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31416-6>
- Konopka, A., & Harber, M. (2014). Skeletal muscle hypertrophy after aerobic exercise training. *Exercise, Sport & Movement*, 42(2), 53–61.
- Marqués, D., Calleja, J., Arratibel, I., & Terrados, N. (2016). Fatiga y daño muscular en fútbol: Un proceso complejo. *Revista de Preparación Física en el Fútbol*, 21, 21–29.
- Martín Barrero, A., & Martínez Cabrera, F. I. (2019). El modelo de juego en el fútbol. De la concepción teórica al diseño práctico. *Retos: Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 36, 543–551.
- Mosteiro, F., & Domínguez, R. (2017). Effects of inertial overload resistance training on muscle function. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 17(68), 757–773.
- Norrbrand, L., Pozzo, M., & Tesch, P. (2010). Flywheel resistance training calls for greater eccentric muscle activation than weight training. *European Journal of Applied Physiology*, 110(5), 997–1005. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1611-4>
- Padilla Alvarado, J. R., & Lozada Medina, J. L. (2013). Relación de la capacidad de sprints repetidos con las manifestaciones de la potencia muscular de los miembros inferiores, potencia aeróbica y parámetros antropométricos en jugadores de fútbol. *Journal of Sport & Health Research*, 5(2), 179–185.
- Pazmiño Patiño, J. D., Paña Soldado, H. G., Vásquez Castro, C. E., Chirau Cudco, W. A., Vásquez Castro, L. A., & Mosquera Lliguin, C. M. (2024). Desafiando lesiones: La revolución de los ejercicios excéntricos en la salvaguarda de futbolistas contra problemas isquiotibiales. *Revista Multidisciplinar Ciencia Latina*, 8(1).
- Popadic, J., Dragnic, N., & Grujic, N. (2009). Changes of functional status and volume of triceps brachii measured by magnetic resonance imaging after maximal resistance training. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 29(3), 671–676. <https://doi.org/10.1002/jmri.21751>
- Romero Boza, S., Feria Madueño, A., Sañudo Corrales, B., De Hoyo Lora, M., & Del Ojo López, J. J. (2014). Efectos de entrenamiento de fuerza en sistema isoinercial sobre la mejora del CMJ en jóvenes futbolistas de élite. *Retos: Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 26, 180–182.
- Sánchez Sánchez, J., Pérez, S., Yagüe, J., Royo, J., & Martín, J. (2015). Aplicación de un programa de entrenamiento de fuerza en futbolistas jóvenes. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 15(57), 45–59.
- Serrato Roa, M., & Galeano, E. E. (2015). Lineamientos de política pública en ciencias del deporte en medicina. Bogotá: Coldeportes.

- Tlatoa Ramírez, H. M., Ocaña Servín, H. L., Márquez López, M. L., Morales Acuña, F., & Gallo Avalos, A. F. (2013). Seguimiento de cuatro años de la potencia anaeróbica de jugadores de fútbol asociación profesional de Primera División Mexicana a 2600 metros sobre el nivel del mar. *Revista Mexicana de Investigación en Cultura Física y Deporte*, 5(7), 177–188.
- Torreadella Flix, X., & Arrechea Rivas, F. (2019). Barcelona: Birthplace and promoter of football in Spain. Regenerationism, modernism, and nationalism in the beginnings of football (1904–1910). *La Razón Histórica. Revista Hispanoamericana de Historia de las Ideas*, 44, 108–137.