Original Research

Efectos del Entrenamiento con Carrera Hacia Atrás sobre la Economía de la Carrera hacia Adelante en Varones Entrenados

Jason D. Ordway[1], Lloyd L. Laubach[1], Paul M Vanderburgh[1] y Kurt J Jackson[1]

[1]*Escuela de Educación y Ciencias de la Salud, Universidad de Dayton, Dayton, Ohio*

RESUMEN

La carrera hacia atrás o *retrorunning* (BR) produce una mayor respuesta cardiopulmonar y una mayor actividad muscular en comparación con la carrera hacia adelante (FR). La BR ha sido tradicionalmente utilizada en la rehabilitación de trastornos como accidentes cerebrovasculares y en lesiones en las piernas, así como también en períodos cortos durante diversos eventos deportivos. El objetivo de este estudio fue medir los efectos de un entrenamiento sostenido con carrera hacia atrás sobre la economía de la carrera hacia adelante en atletas entrenados. Ocho corredores varones altamente entrenados (26,13±6,11 años, 174,7±6,4 cm, 68,4±9,24 kg, 8,61±3,21% de grasa corporal, 71,40±7,31 ml kg^{-1} min^{-1}) entrenaron realizando BR en una cinta ergométrica sujetados con un arnés con una velocidad de 161 m min^{-1} durante 5 semanas luego de haber realizado un período de carrera BR de 5 semanas a una velocidad más baja (134 m min^{-1}). Los sujetos fueron examinados al inicio del estudio, luego de realizar una familiarización y después del entrenamiento con BR en parámetros como composición corporal, un test incremental con rampas de VO_{2max} y un test de economía diseñado para corredores varones entrenados. Los sujetos mejoraron la economía de carrera hacia adelante en un 2,54% (1,19±1,26 ml kg^{-1} min^{-1}, p = 0,032) a 215 m min^{-1}. No se observaron cambios en VO_{2max}, masa corporal, masa magra, masa grasa ni en el % de grasa corporal (p>0,05). Cinco semanas de entrenamiento con carrera hacia atrás (BR) mejoraron la economía de la carrera hacia adelante (FR) en corredores varones sanos y entrenados pero no alteraron el VO^{2max} ni la composición corporal. Las mejoras observadas en este estudio podrían ser una forma beneficiosa de entrenamiento para mejorar la economía de la carrera en una población ya económica.

Palabras Clave: carrera hacia atrás, consumo de oxígeno, ejercicio, eficiencia

INTRODUCCIÓN

La economía de la carrera (RE) es un elemento fundamental para el rendimiento en las carreras en corredores de élite. Las investigaciones han demostrado que la RE es mejor estimador del rendimiento en carreras que el consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) (15) y hasta un 65,4% de rendimiento de carrera se explica por las variaciones en la RE entre las élites con valores similares de VO_{2max}. Para el propósito de este estudio, la economía de la carrera (RE) se define como el requerimiento de energía para una velocidad dada durante una carrera submáxima medido por el consumo de oxígeno (VO_2) en estado estacionario.

Aunque se supone que la RE es parcialmente inherente (2), varios estudios han sugerido que la RE puede ser mejorada por una variedad de modalidades de entrenamiento entre los que se incluyen el entrenamiento de la fuerza, el pliométrico y el entrenamiento en altitud, sin que se observen correspondientes mejoras en el VO_{2max} (8, 12, 13, 16, 17, 19, 22). Mejoras relativamente pequeñas en RE pueden producir reducciones sustanciales del tiempo de finalización dependiendo del evento, alterando posiblemente los resultados de la competencia.

En la década pasada, la caminata hacia atrás (BW) y la carrera hacia atrás (BR) ganaron popularidad, principalmente en el ámbito de la rehabilitación, como una forma de ejercicio de bajo impacto. Las investigaciones sugieren que la BW y BR pueden aportar beneficios para diferentes condiciones entre las que se incluyen el dolor en la zona baja de la espalda, la osteoartritis de rodilla, inflexibilidad de isquiotibiales y las secuelas de accidentes cerebrovasculares (3, 7, 18, 23, 24). Entre los resultados de estos estudios se puede mencionar diminución en el dolor, aumento en la flexibilidad, en la velocidad de marcha y en los índices de simetría durante la marcha.

Además, se han realizado estudios para medir el costo metabólico de la locomoción hacia atrás y se han planteado cuestionamientos sobre una posible aplicación en el entrenamiento de individuos sanos (5, 10, 21). Uno de estos estudios, realizado por Flynn et al. (5), observó que la BW y BR produjeron una mayor respuesta submáxima de VO_2, frecuencia cardíaca y lactato sanguíneo que caminata y carrera realizadas hacia adelante con las mismas velocidades. Los investigadores concluyeron que un atleta lesionado puede ser capaz de mantener la aptitud cardiovascular mediante la utilización de BW y BR durante la rehabilitación.

El objetivo principal de este estudio fue medir los efectos del entrenamiento sostenido con BR sobre la economía de la carrera (RE) hacia adelante. Se planteó la hipótesis de que el entrenamiento con BR mejoraría la RE en corredores varones entrenados.

MÉTODOS

Enfoque Experimental del Problema

El protocolo fue revisado y aprobado por la junta de revisión institucional (IRB) de la Universidad de Dayton. Se utilizó un diseño de entrenamiento de BR de 10 semanas, en el cual las sesiones de entrenamiento se realizaron dos veces a la semana con al menos 48 horas de separación entre cada sesión. Cada sujeto realizó un total de 20 sesiones de entrenamiento y cada sesión fue supervisada por el investigador principal. Todas las pruebas y las sesiones de entrenamiento fueron realizadas en una cinta de rodante calibrada en un laboratorio (*True Fitness Technology, St. Louis, MO, USA*) ubicado en la universidad de Dayton.

Características de los participantes

Ocho corredores varones, sanos y entrenados (26,13±6,11 años, 174,7±6,4 cm, 68,4±9,24 kg, 8,61±3,21% de grasa corporal, 71,40±7,31 ml kg^{-1} min^{-1}) fueron seleccionados para participar en este estudio, luego de haber firmado un documento de consentimiento informado aprobado por el IRB de la Universidad de Dayton. Los criterios de inclusión fueron varones cuya edad estuviera entre 18 y 40 años, con un volumen de entrenamiento de al menos 150 minutos por semana, VO_{2max} igual o mayor que el percentil 80 en sus respectivos grupos de edad (14), sin lesiones significativas en el último año y con entrenamiento constante durante los últimos 6 meses. Se solicitó a los participantes que remplazaran tiempo de sus entrenamientos que estaba destinado a carrera hacia adelante (FR) con los ejercicios de carrera hacia atrás (BR) en una proporción de 1: 1 mientras estaban inscriptos en este estudio. Los sujetos estaban entrenando para eventos que iban desde carreras 5K hasta maratón y corrían 5-7 días a la semana por su cuenta fuera del estudio.

Procedimientos

De acuerdo con el cronograma temporal del estudio (Figura 1), los sujetos fueron evaluados al inicio del estudio (semana 0), luego de la familiarización (semana 5) y luego del entrenamiento (semana 11) con un protocolo de VO_{2max} diseñado para una población de varones entrenados (1) y con un test de economía donde se utilizaron velocidades de estudios previos (11, 22). Este último consistió en una entrada en calor de 4 minutos a 188 m min^{-1} seguida por 10 minutos de carrera constante a 215 m min^{-1}. Tanto la prueba máxima como la prueba de economía se midieron con dispositivo de medición de metabolismo *TrueOne 2400* (Sandy, UT, USA) y con un neumotacómetro *HansRudolf 3813* (Shawnee, KS, USA). Las pruebas de $VO_{2máx}$ y economía fueron separadas por un período de al menos 48 horas y fueron realizadas en ese mismo orden, respectivamente. La composición corporal se midió con un dispositivo *Bod Pod* (*COSMED, Italia*) inmediatamente antes de realizar la prueba de economía durante cada fase de prueba.

Después de las pruebas realizadas al inicio (línea de base), los sujetos tuvieron un período de familiarización de 5 semanas durante el cual utilizaron un arnés, una cinta ergométrica y practicaron la forma de carrera hacia atrás. Esto se realizó para permitir que los participantes se adaptaran a las diferencias biomecánicas de realizar los nuevos movimientos necesarios para correr hacia atrás (BR). Los sujetos entrenaron con arnés (*Biodex Unweighing System, Shirley, NY, EE.UU.*) como precaución de seguridad; pero, no se proporcionó soporte de peso corporal. Cada sesión de entrenamiento comenzó con una entrada en calor de 4 minutos de BR a 107 m min^{-1}. A los sujetos se les dio la opción de caminar o correr a esta velocidad según los hallazgos de Terblanche et al. (20). Posteriormente se incrementó la velocidad a 134 m min^{-1} durante el primer período de adaptación de 5 semanas y a 161 m min^{-1} durante las segundas 5 semanas del estudio real. Las semanas 1 y 6 comenzaron con 15 minutos de BR y aumentaron 1 minuto cada semana hasta que se alcanzaran 19 minutos de BR estable en las semanas 5 y 10. El índice de esfuerzo percibido (RPE) se midió en intervalos de 5 minutos a lo largo del entrenamiento en una escala de 0-10 mientras que la frecuencia cardíaca (HR) fue registrada en cada minuto.

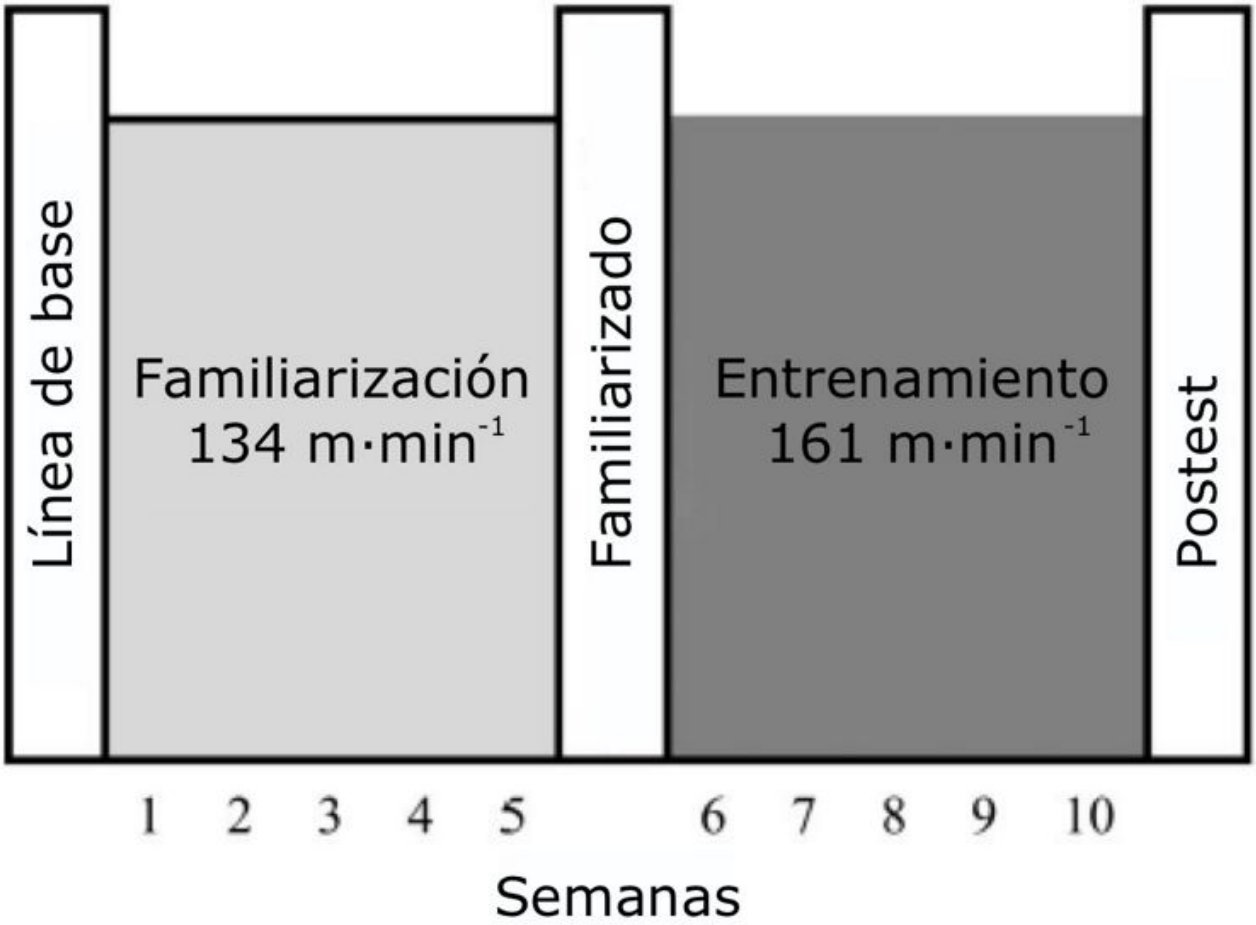

Figura 1. *Descripción del cronograma del estudio*

Análisis estadístico

Una vez completada la recolección de datos, se realizaron Test *t* de muestras apareadas sobre todas las variables medidas desde el inicio (línea de base) hasta la familiarización y entre los valores obtenidos en la familiarización y los obtenidos luego del entrenamiento (post-entrenamiento) utilizando el software SPSS Estadística 22 (*IBM, Armonk, NY, EE.UU.*). La significancia estadística se fijó en $\alpha = 0,05$.

RESULTADOS

El cumplimiento de este estudio fue del 100% para los 8 sujetos. Los datos antropométricos y de economía se presentan en la Tabla 1. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las variables de referencia y las obtenidas luego de la familiarización.

Después de 5 semanas de entrenamiento con caminata hacia atrás (BR) no se observaron cambios entre las mediciones de la masa corporal, masa magra, masa grasa y % de grasa corporal (p>0,05) realizadas durante la familiarización y las realizadas luego del entrenamiento.

Variable	Familiarización	Post-Entrenamiento	Cambio	Cambio %	p
Peso (kg) †	68,4 (9,24)	69,1 (10,1)	0,71 (1,23)	1,04	0,148
Masa magra (kg)	62,5 (8,01)	62,7 (7,77)	0,21 (1,82)	0,34	0,752
Masa grasa (kg) †	5,98 (2,68)	6,48 (2,77)	0,50 (1,37)	8,36	0,335
Adiposidad corporal (%) †	8,61 (3,21)	9,08 (3,02)	0,46 (1,85)	5,34	0,502
VO_{2max}(ml kg^{-1} min^{-1})	71,4 (7,31)	70,9 (8,40)	-0,53 (2,83)	-0,74	0,616
Econ VO_2 (ml-kg^{-1} min^{-1}) †	46,8 (4,88)	45,6 (4,25)	-1,19 (1,26)	-2,54	0,032‡
Econ HR (b min^{-1}) †	153,6 (27,9)	154,0 (22,9)	0,34 (8,01)	0,22	0,908
Econ RPE†	4,29 (2,26)	4,04 (2,05)	-0,25 (0,50)	-5,83	0,197

Tabla 1. *Valores obtenidos durante la familiarización y puntuaciones de cambio. Los valores se presentan en forma de media (SD). *Econ= Economía; HR= frecuencia cardíaca; BPM= latidos por minuto; RPE= Índice de esfuerzo percibido*

† Los cambios negativos son resultados favorables.
‡Significantemente diferente del valor obtenido en la familiarización.

Los valores de VO_2, frecuencia cardíaca (HR), índice de esfuerzo percibido (RPE) en el test de economía de carrera hacia adelante en estado estacionario se determinaron promediando los últimos 3 minutos de los test de economía. La respuesta media de VO2 de la economía de carrera mejoró en un 2,54% (1,19±1,26 ml kg^{-1} min^{-1},(p= 0,032) en 215 m min^{-1} y 7 de los sujetos mejoraron su economía de carrera. Sin embargo, durante el test economía de carrera ni la frecuencia cardíaca (HR) ni el RPE cambiaron (p=0,908 y 0,197, respectivamente) después del entrenamiento con BR. La Figura 2 presenta los valores de VO_2 obtenidos en el test de economía de cada sujeto, mientras que la Figura 3 muestra los datos de frecuencia cardíaca (HR) del test de economía de cada sujeto.

Las frecuencias cardíacas de entrenamiento para BR se mantuvieron sin cambio a lo largo del período de entrenamiento, desde las mediciones de familiarización hasta las mediciones realizadas post entrenamiento.

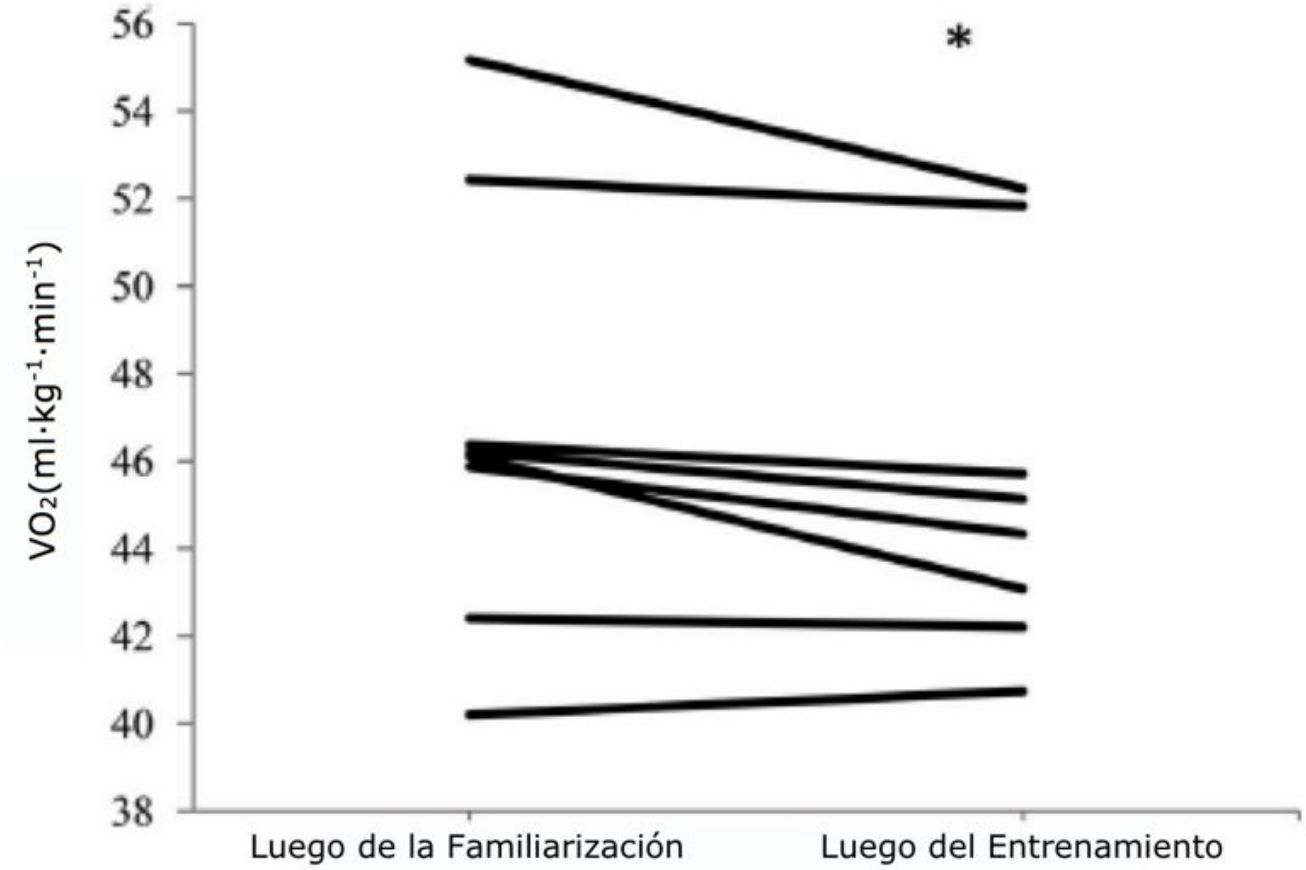

Figura 2. *VO_2 en el test de economía en cada sujeto.*La media grupal presenta diferencias significativas con respecto al valor inicial (línea de base) con p=0,032*

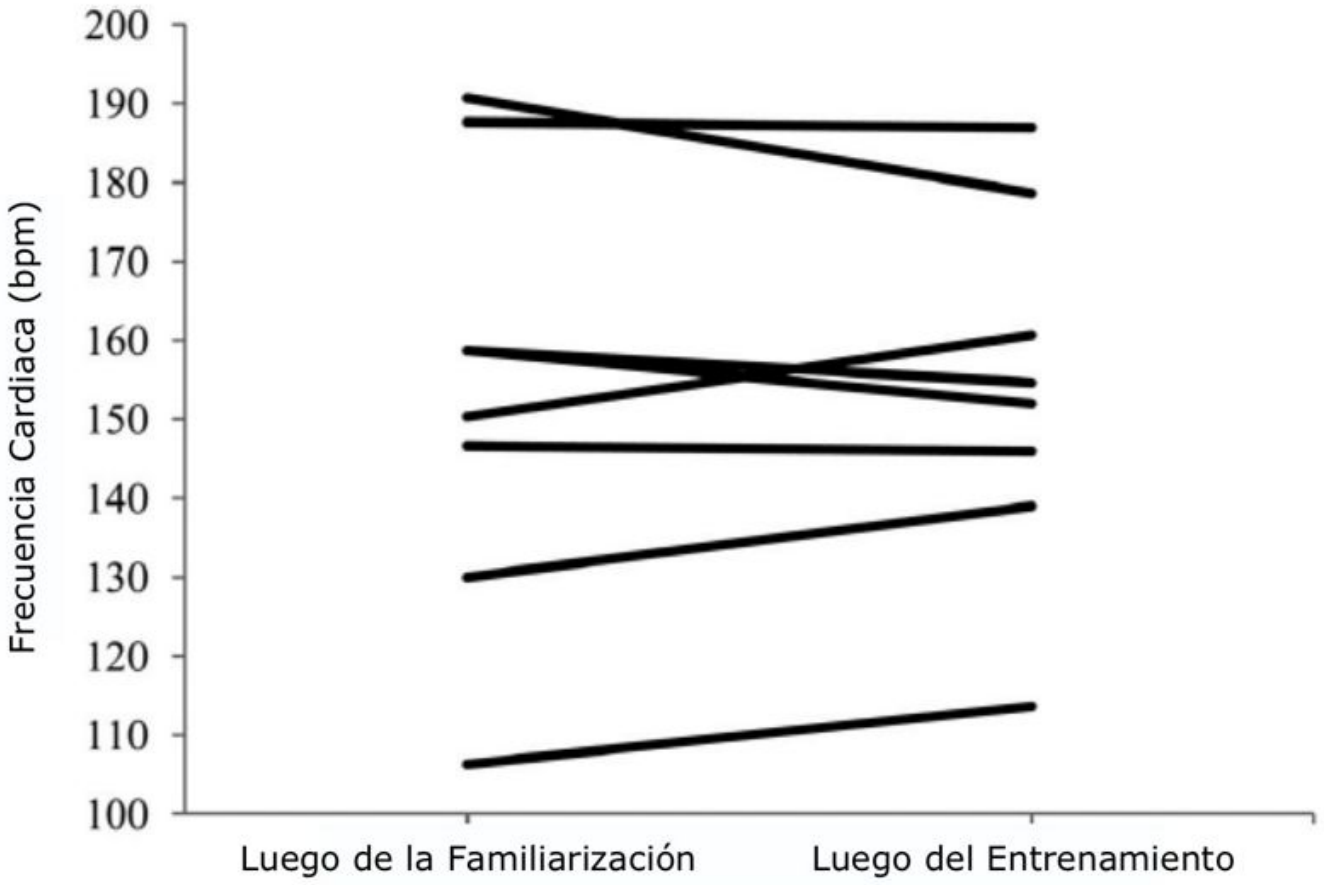

Figura 3. *Frecuencia cardíaca en el test de económía para cada sujeto.*

DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue evaluar la efectividad de BR como metodología de entrenamiento para mejorar la economía de la carrera (RE) en velocidades submáximas. Investigaciones previas sugieren que la locomoción hacia atrás utiliza el mismo patrón motor que la locomoción hacia adelante, pero en dirección inversa (4) y requiere una demanda metabólica, gasto energético y respuesta cardiorrespiratoria mayores que los del movimiento hacia adelante (5, 6, 10). Estos hallazgos sugieren que tendría un potencial efecto sobre el entrenamiento si se usa regularmente.

Aunque la población objeto de este estudio era altamente especializada era importante evaluarla. Según los conocimientos de los investigadores, los sujetos con este nivel de aptitud física y experiencia no habían sido sometidos nunca a entrenamiento con BR para mejorar la economía de la carrera. Sin embargo, Terblanche et al. (21) realizaron un estudio con 26 mujeres jóvenes habitualmente activas donde la mitad de ellas fue destinada a un grupo de entrenamiento con BW y BR, y el resto a un grupo control de nivel similar. Los investigadores observaron que el grupo que realizó entrenamiento con BR presentó una mejora de los valores iniciales en pliegues cutáneos, grasa corporal y en los valores estimados de VO_{2max} después de 6 semanas de entrenamiento, 3 veces por semana. El estudio comenzó con 15 minutos de BR y finalizó con una hora, en donde el 60% del tiempo se destinó a caminata hacia atrás (BR) y 40% a caminata hacia adelante (BW). Notablemente, las RE de la caminata hacia adelante y hacia atrás del grupo de entrenamiento mejoraron en 32% y 30%, respectivamente, en velocidades submáximas. El grupo control permaneció sin cambios en todas las variables analizadas. Los investigadores concluyeron que el entrenamiento con BR y BW puede mejorar la aptitud cardiorrespiratoria y la composición corporal en mujeres jóvenes.

Este estudio evaluó una demografía muy diferente de atletas que tienen poco margen de mejora en la mayoría de los aspectos de aptitud y de composición corporal. Por lo tanto no esperábamos que el VO_{2max} o la composición corporal

variaran durante el estudio. Esto puede no haber ocurrido debido al corto período de tiempo del estudio y al alto nivel de aptitud física de los sujetos.

El cambio en el VO_2 en el test de economía (relativo a la masa corporal) probablemente se produjo como resultado del entrenamiento con BR y no simplemente como resultado de un cambio en el peso. A pesar de que los sujetos aumentaron 1,04% de su masa corporal total (un hallazgo no significativo) después del entrenamiento, experimentaron una disminución en el consumo de oxígeno en la misma velocidad de prueba, 215 m min^{-1}. Además, los sujetos continuaron su entrenamiento externo al estudio pero reemplazaron FR con BR en una proporción 1: 1 para evitar un efecto aditivo del aumento del tiempo de entrenamiento.

Se observaron resultados similares después de intervenciones de entrenamiento de la fuerza, pliométrico y en altitud. Cuando evaluaron a individuos con valores de $VO_{2máx}$ con puntuaciones medias de 71,0, 69,7 y 71,7 ml kg^{-1} min^{-1} los investigadores de cada estudio observaron mejoras en la economía de carrera de 3,20, 4,74 y 4,10%, respectivamente, (12, 16, 17). La magnitud del cambio fue mayor en estos estudios que en la presente investigación realizada con individuos de capacidades aeróbicas similares; la diferencia fue que las intervenciones tuvieron una mayor duración, ya que los sujetos entrenaron durante 7, 14 y 9 semanas en comparación con las 5 semanas que se utilizaron en el presente estudio.

Sobre la base de los resultados del presente estudio, la BR puede ser un método viable de entrenamiento para corredores varones sanos y entrenados para reducir el costo de oxígeno de la carrera submáxima. Estos datos son particularmente alentadores en base al período relativamente corto de intervención de 5 semanas, tiempo en el cual los participantes debieron reunirse sólo dos veces por semana, en comparación con otros estudios cuya duración iba de 6 a 14 semanas y donde los participantes debían reunirse al menos dos veces por semana durante ese tiempo (1, 2, 9, 12, 15, 21, 22).

Futuros estudios deberían realizarse con sujetos de diferentes estados de entrenamiento y características demográficas porque esto fue una limitación del estudio. Estos estudios deberían utilizar un grupo control para comparar con el grupo que realiza la intervención y utilizar un mayor número de sujetos. El mecanismo que produce la mejora en la economía de la carrera (RE) debe ser estudiado más detalladamente. Sin cambios en la frecuencia cardíaca durante el test de economía, suponemos que se produjo un cambio en el suministro periférico de oxígeno al músculo esquelético en contraposición al gasto cardíaco. Sin embargo, es necesario realizar más investigaciones para comparar las respuestas individualizadas con el entrenamiento BR y la respuesta de la frecuencia cardiaca, debido a que 3 sujetos informaron una clara disminución de la frecuencia cardíaca después del entrenamiento y 3 sujetos reportaron un aumento distintivo en la frecuencia cardíaca después del entrenamiento. Además, el músculo esquelético también podría haberse vuelto más eficiente en el uso del oxígeno suministrado. Se requieren más investigaciones para abordar estas cuestiones.

En corredores varones sanos y entrenados cinco semanas de entrenamiento con BR mejoraron la economía de carrera hacia adelante un 2,54% pero no produjeron mejoras en VO_{2max} ni alteraron la composición corporal. Las mejoras observadas en este estudio podrían representar una forma beneficiosa de entrenamiento para que una población altamente entrenada pueda mejorar la economía de la carrera.

APLICACIONES PRÁCTICAS

Los datos de este estudio sugieren que correr hacia atrás varias veces a la semana puede ser una forma de entrenamiento que corredores varones altamente entrenados podrían usar para mejorar su economía de carrera hacia adelante. La mejora en la RE puede traducirse en un mejor rendimiento en sus respectivas distancias de carrera, ya que la mayor parte de la variación en el tiempo de finalización de una carrera entre individuos con aptitud cardiorrespiratoria similar depende de la economía de carrera (RE). Los entrenadores de fuerza y acondicionamiento, y los entrenadores de carreras de fondo pueden obtener beneficios para el rendimiento de sus atletas implementando ejercicios de carrera hacia atrás (BR). La especificidad del ejercicio puede hacer que la BR sea una actividad más práctica que otros métodos actualmente en uso para mejorar la economía.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos los corredores que participaron en este estudio por su tiempo, esfuerzo, retroalimentación y cumplimiento.

REFERENCIAS

1. Conley, D.L. and Krahenbuhl, G.S. (1980). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Med. Sci. Sports Exerc. 12: 357–360.*
2. Daniels, J.T. (1985). A physiologist's view of running economy. *Med. Sci. Sports Exerc. 17: 332–338.*
3. Dufek, J., House, A., Mangus, B., Melcher, G., and Mercer, J. (2011). Backward walking: A possible active exercise for low back pain reduction and enhanced function in athletes. *J. Exerc. Physiol. Online 14: 17–26,.*
4. Duysens, J., Tax, A.M., Murrer, L., and Dietz., V. (1996). Backward and forward walking use different patterns of phase-dependent modulation of cutaneous reflexes in humans. *J. Neurophysiol 76: 301–310.*
5. Flynn, T.W., Connery, S.M., Smutok, M.A., Zeballos, R.J., and Weisman, I.M. (1994). Comparison of cardiopulmonary responses to forward and backward walking and running. *Med. Sci. Sports Exerc. 26: 89–94,*
6. Grasso, R., Bianchi, L., and Lacquaniti, F. (1998). Motor patterns for human gait: Backward versus forward locomotion. *J. Neurophysiol 80: 1868– 1885*
7. Hoogkamer, W., Meyns, P., and Duysens, J. (2014). Steps forward in understanding backward gait: From basic circuits to rehabilitation. *Exerc. Sport Sci. Rev. 42: 23–29.*
8. Katayama, K., Sato, K., Matsuo, H., Ishida, K., Iwasaki, K., and Miyamura, M. (2004). Effect of intermittent hypoxia on oxygen uptake during submaximal exercise in endurance athletes. *Eur. J. Appl. Physiol. 92: 75–83,*
9. Kim, Y., Park, J., and Shim, J.K. (2010). Effects of aquatic backward locomotion exercise and progressive resistance exercise on lumbar extension strength in patients who have undergone lumbar diskectomy. *Arch. Phys. Med. Rehabil. 91: 208–214*
10. Masumoto, K., Takasugi, S., Hotta, N., Fujishima, K., and Iwamoto, Y. (2007). A comparison of muscle activity and heart rate response during backward and forward walking on an underwater treadmill. *Gait Posture 25: 222–228*
11. Mayhew, J.L. (1977). Oxygen cost and energy expenditure of running in trained runners. *Br. J. Sports Med. 11: 116–121*
12. Millet, G.P., Jaouen, B., Borrani, F., and Candau, R. (2002). Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and VO2 kinetics. *Med. Sci. Sports Exerc. 34: 1351–1359*
13. Paavolainen, L., Hakkinen, K., Hamalainen, I., Nummela, A., and Rusko, H. (1999). Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *J. Appl. Physiol. (1985) 86: 1527–1533,*
14. Pescatello, L.S., Arena, R., Riebe, D., and Thompson, P.D., eds. (2014). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription (9th ed. *). Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins, 2014.*
15. Saunders, P.U., Pyne, D..B, Telford, R.D., and Hawley, J.A. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Med 34: 465–485, 2004.*
16. Saunders, P.U., Telford, R.D., Pyne, D.B., Hahn, A.G., and Gore, C.J. (2009). Improved running economy and increased hemoglobin mass in elite runners after extended moderate altitude exposure. *J. Sci. Med. Sport 12: 67–72,*
17. Saunders, P.U., Telford, R.D., Pyne, D.B., Peltola, E.M., Cunningham, R.B., Gore, C.J., and Hawley, J.A. (2006). Short-term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners. J. Strength Cond. Res. 20: 947–954.
18. Shankar, P., Bhandiwad, R.M.A, and Pai, H. (2013). Effectiveness of retrowalking in chronic osteoarthritis of knee joint. *Innovative J. Med. Health Sci. 3: 19–22.*
19. Spurrs, R.W., Murphy, A.J., and Watsford, M.L. (2003). The effect of plyometric training on distance running performance. *Eur. J. Appl. Physiol. 89: 1–7.*
20. Terblanche, E., Cloete, W.A., du Plessis, P.A.L., Sadie, J.N., Strauss, A., and Unger, M. (2003). The metabolic transition speed between backward walking and running. *Eur. J. Appl. Physiol. 90: 520–525*
21. Terblanche, E., Page, C., Kroff, J., and Venter, R.E. (2005). The effect of backward locomotion training on the body composition and cardiorespiratory fitness of young women. *Int. J. Sports Med. 26: 214– 219,*
22. Turner, A.M., Owings, M., and Schwane, J.A. (2003). Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training. *J. Strength Cond. Res. 17: 60–67,*
23. Whitley, C.R. and Dufek, J.S. (2011). Effects of backward walking on hamstring flexibility and low back range of motion. *Int. J. Exerc. Sci. 4: 192–198,*
24. Yang, Y., Yen, J., Wang, R., Yen, L., and Lieu, F. (2005). Gait outcomes after additional backward walking training in patients with stroke: A randomized controlled trial. *Clin. Rehabil. 19: 264–273.*