

Monograph

Hipertrofia Muscular de Piernas y Torso luego de un Programa de Entrenamiento de Caminata con Restricción del Flujo Sanguíneo en los Músculos de la Pierna

Michael G Bemben², Abe Takashi¹ y Mikako Sakamaki¹

¹Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo, Kashiwa, Japan.

²Department of Health and Exercise Science, University of Oklahoma, Norman, Estados Unidos.

RESUMEN

Se ha evaluado el efecto de un entrenamiento de caminata combinado con una restricción del flujo sanguíneo (BFR) sobre el tamaño de los músculos distales con flujo sanguíneo restringido, como también, sobre el tamaño de los músculos sin restricción en el miembro proximal y el tronco. Nueve hombres realizaron un entrenamiento de caminata con BFR y 8 llevaron a cabo un entrenamiento de caminata solamente. El entrenamiento se llevó a cabo dos veces al día, 6 días/semana, durante 3 semanas, utilizando cinco conjuntos de series de 2 minutos (velocidad de la cinta ergométrica en 50 m/min), con un descanso de un minuto entre las series. Después del entrenamiento de caminata con BFR, el volumen muscular de la parte superior (3.8%, $P < 0.05$) e inferior (3.2%, $P < 0.05$) de la pierna medido por MRI aumentó de manera significativa, mientras que el volumen muscular del glúteo mayor (-0.6%) y del psoas-ilíaco (1.8%) y el CSA del músculo de las vértebras lumbares L4-L5 (-1.0) no tuvieron cambios. En el entrenamiento de caminata solamente no hubo ningún cambio significativo en el volumen muscular. Los presentes resultados sugieren que la combinación de la restricción del flujo sanguíneo en el músculo de la pierna con un entrenamiento de caminata lenta genera hipertrofia solo en los músculos distales de la pierna con flujo sanguíneo restringido. La intensidad del ejercicio puede ser demasiado baja durante el entrenamiento de caminata con BFR a fin de incrementar la masa muscular en los músculos sin restricción del flujo sanguíneo (el glúteo mayor y otros músculos del tronco).

Palabras Clave: oclusión vascular, imágenes obtenidas por resonancia magnética, ultrasonido

INTRODUCCIÓN

Varios estudios reportaron que el entrenamiento de caminata combinado con una restricción del flujo sanguíneo (BFR) lleva a mejoras significativas en la masa muscular del muslo y la fuerza de la articulación de la rodilla tanto en hombres jóvenes como en los de la tercera edad (Abe et al., 2006; 2009; 2010; Ozaki et al., 2011). A pesar de que la caminata involucra los grupos musculares de las articulaciones de la rodilla y la cadera, los estudios previos de entrenamientos de

caminata con BFR solo tuvieron como objetivo los músculos del muslo distales a la pulsera del tensiómetro, ubicada sobre la porción superior del muslo proximal. Recientemente, se observó que luego de un entrenamiento de press de banca de baja intensidad (30% de una repetición máxima [1-RM]) con BFR, se produjo una hipertrofia muscular no solo en los músculos de la parte superior del brazo directamente afectados por la BFR, sino también en los músculos del pecho proximales al área directamente afectada por la BFR (Yasuda et al., 2010; 2011). Estos resultados sugieren que no solo los músculos del muslo y de la pantorrilla con flujo sanguíneo restringido pueden mostrar una hipertrofia muscular, sino también aquellos músculos que están próximos y no directamente con el flujo restringido. Se ha evaluado el efecto de un entrenamiento de caminata combinado con BFR sobre el tamaño de los músculos distales con flujo sanguíneo restringido, como también sobre el tamaño de los músculos sin restricción, en el miembro proximal y el tronco.

MÉTODOS

Diecisiete hombres jóvenes en buen estado de salud participaron de manera voluntaria en el estudio. La edad, la altura de parado y el peso corporal promedio eran de 21.2 (\pm 1.9) años, 1.74 (\pm 0.07) m, y 65.8 (\pm 9.6) kg. A los participantes se los dividió de manera aleatoria en dos grupos de entrenamiento: Entrenamiento de caminata con (caminata con BFR, n = 9) y sin (caminata CON, n = 8) flujo sanguíneo del músculo de la pierna restringido. No hubo ninguna diferencia de grupo significativa en las características físicas de los sujetos (Tabla 1). Todos los participantes llevaban vidas activas, y 7 de 18 participaban de manera regular en ejercicios de tipo aeróbico (i.e., trote, natación). No obstante, ninguno de los sujetos había participado de manera regular en un programa de ejercicios con sobrecarga durante al menos 1 año antes del comienzo del estudio. A todos los sujetos se les informó sobre los procedimientos, riesgos y beneficios, y éstos firmaron un consentimiento informado antes de su participación. El Comité de Ética para Experimentos Humanos de la Universidad de Tokio aprobó el estudio.

Los sujetos de ambos grupos, de caminata con BFR y caminata CON, participaron de 3 semanas de entrenamiento supervisado de caminata. Luego de un calentamiento, los participantes realizaron una caminata (50 m/minuto durante cinco series de 2 minutos, con un descanso de 1 minuto entre las series) sobre una cinta ergométrica motorizada. La velocidad y la duración de la caminata permanecieron constantes durante todo el período de entrenamiento. Los participantes del grupo de caminata con BFR utilizaron pulseras elásticas sobre la porción más proximal de cada pierna, que se inflaban (rango de presión de 160 a 230 mmHg) durante las sesiones de entrenamiento, como se describió con anterioridad (Abe et al., 2006).

	Caminata con BFR (n=9)		Caminata CON (n=8)	
	Pre	Post	Pre	Post
Edad (años)	21.4 (2.1)		21.1 (1.9)	
Peso corporal (kg.)	63.9 (4.6)	64.3 (4.5)	68.0 (8.9)	67.8 (9.0)
Volumen muscular (cm³)				
Muslo	3456 (135)	3580 (120) *	3667 (248)	3654 (247)
Parte inferior de la pierna	1345 (67)	1392 (80) *	1405 (109)	1398 (109)
Psoas-ilíaco	225 (14)	229 (15) #	228 (11)	229 (11)
Glúteo mayor	722 (29)	717 (27)	783 (60)	771 (55)
CSA muscular (cm²)				
L4-L5	102 (4)	101 (4)	113 (6)	110 (7)

Tabla 1. Efectos del entrenamiento de caminata con y sin restricción del flujo sanguíneo (BFR) sobre el área de sección cruzada (CSA) de los músculos de la parte inferior del cuerpo y el tronco y el volumen muscular. Los valores son medias (\pm SE). Pre: antes del entrenamiento, Post: después del entrenamiento, L4-L5: 4-5 vértebra lumbar, * $p < 0.05$, # $p = 0.07$ vs Pre.

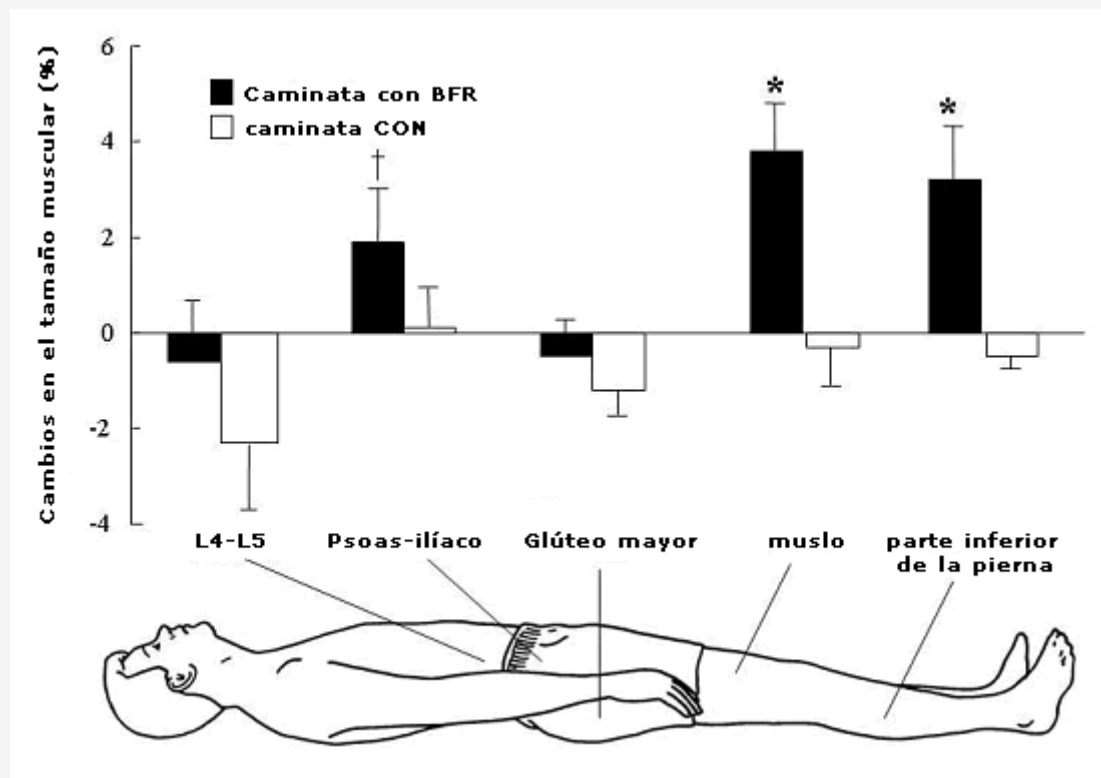


Figura 1. Cambio porcentual en el área de sección cruzada (CSA) y el volumen del músculo después del entrenamiento de caminata con y sin BFR. * $p < 0.05$, † $P = 0.07$, caminata con BFR vs. caminata CON.

Las imágenes obtenidas por resonancia magnética (MRI) se prepararon utilizando un escáner General Electric Signa 1.5 Tesla (Milwaukee, Wisconsin, EUA). Se llevó a cabo una secuencia de *spin* eco ponderada para T1 en plano axial con un tiempo de repetición de 1500 milisegundos y un tiempo de eco de 17 milisegundos. Los participantes descansaron tranquilamente en una placa magnética en posición supina con las piernas extendidas. Con la primer vértebra cervical como punto de origen, se obtuvieron las imágenes transversales continuas con un grosor de corte de 1.0-cm (espacio intercorte de 0 cm) desde la primera vértebra cervical hasta la articulación del tobillo para cada participante (Abe et al., 2003). Un analista altamente entrenado segmentó todos los escaneos de MRI en cuatro componentes (músculo esquelético, tejido adiposo subcutáneo, hueso y tejido residual) y luego los registró. Para cada corte, se digitalizó el área de sección cruzada (CSA) del tejido del músculo esquelético, y se calculó el volumen (cm^3) de tejido muscular por corte multiplicando el área de tejido muscular (cm^2) por el grosor del corte (cm). El volumen muscular de los músculos individuales se definió como la suma de los cortes. Con anterioridad se había determinado que el coeficiente de variación (CV) de esta medición era de 1% (Abe et al., 2003). El valor promedio de los lados derecho e izquierdo del cuerpo se utilizó para el análisis estadístico. Esta medición se completó en los valores iniciales y 3 días después del último entrenamiento (post-prueba). Los resultados se expresan como medias (\pm SE) para todas las variables. Las diferencias de los valores iniciales entre los grupos de caminata con BFR y caminata CON, y los cambios porcentuales entre los valores iniciales y de post-prueba, se evaluaron con un ANOVA de una vía. La significancia estadística se estableció en $p < 0.05$.

RESULTADOS

No se observaron diferencias significativas en los valores iniciales ($p > 0.10$) entre los grupos para las características físicas y los volúmenes musculares (Tabla 1). El volumen muscular del muslo y la parte inferior de la pierna aumentó ($p < 0.05$) en un 3.8%, y 3.2%, respectivamente, en el grupo de caminata con BFR después del entrenamiento (Tabla 1 y Figura 1). El cambio porcentual en el volumen muscular del muslo tendió a guardar una correlación con el cambio porcentual en el volumen muscular de la parte inferior de la pierna ($r = 0.60$, $p = 0.09$) en el grupo de caminata con BFR. Sin embargo, el volumen muscular del glúteo mayor y el CSA muscular de las vértebras lumbares L4-L5 no tuvieron cambios en el grupo de caminata con BFR. El volumen muscular del psoas-ilíaco tendió a aumentar ($p = 0.07$) luego del entrenamiento, aunque

el cambio no fue estadísticamente significativo. No hubo ningún cambio significativo ($p > 0.05$) en los volúmenes musculares del grupo de caminata CON (Tabla 1 & Figura 1).

DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio confirman los hallazgos previos (Abe et al., 2006; 2009; 2010; Ozaki et al., 2011) sobre que hubo un incremento significativo en el volumen muscular del muslo (3.8%) y la parte inferior de la pierna (3.2%) después de 3 semanas de entrenamiento de caminata en el grupo BFR, mientras que no se observaron cambios en el volumen muscular del grupo de control. Por el contrario, no se observó ningún cambio significativo en el volumen muscular del glúteo mayor ni en el CSA muscular de las L4-L5 en ninguno de los dos grupos. Tales cambios en el tamaño muscular eran específicos de los músculos del miembro donde se restringió el flujo sanguíneo, mientras que en los músculos no restringidos del tronco no se observaron cambios. Por otro lado, se ha demostrado que el entrenamiento de press de banca de baja intensidad (30% de 1-RM) combinado con BFR dio como resultado una hipertrofia muscular de los músculos del pecho (Yasuda et al., 2010; 2011). De manera similar, el ejercicio con sobrecarga al 20% de 1-RM utilizando una máquina de sentadillas y flexiones de rodilla en combinación con BFR dio como resultado una hipertrofia muscular del glúteo mayor (Abe et al., 2005). Estos resultados sugieren que el efecto anabólico de dicho ejercicio no se limita de manera local sino que puede transferirse a otros músculos que no están directamente afectados por la restricción del flujo sanguíneo. En este sentido, Madarame et al. (2008) demostraron un significativo incremento en los músculos flexores del codo sin restricción cuando los participantes realizaron 10 semanas de ejercicios unilaterales de flexiones de codo (50% 1-RM) sin BFR, seguidos de ejercicios de extensión y flexión de rodilla con BFR. Por lo tanto, la intensidad original del ejercicio más el incremento en la activación muscular por medio de la BFR (Yasuda et al., 2010) y otros factores sistémicos, tales como las hormonas anabólicas circulantes y/o la inflamación crónica del tejido muscular (Takarada et al., 2000; Abe et al., 2005; Yasuda et al., 2011), pueden contribuir a la hipertrofia muscular que se ve en los músculos que no tienen el flujo restringido durante el ejercicio.

CONCLUSIÓN

Estos resultados sugieren que la combinación de la restricción del flujo sanguíneo en el músculo de la pierna con un entrenamiento de caminata lenta genera una hipertrofia muscular solo en los músculos distales de la pierna con flujo restringido. La intensidad del ejercicio puede ser demasiado baja durante el entrenamiento de caminata con BFR para provocar la hipertrofia muscular en el músculo glúteo mayor y otros músculos del tronco sin restricción del flujo sanguíneo.

Puntos Clave

- Estudios previos sobre el entrenamiento de caminata con flujo sanguíneo restringido han tenido como único objetivo los músculos del muslo distales a las pulseras del tensiómetro, ubicadas en la porción superior del muslo proximal.
- En el presente estudio, se evaluaron los músculos proximales y distales luego de la combinación del entrenamiento de caminata con restricción del flujo sanguíneo (BFR) en la pierna. La hipertrofia muscular solo se produjo en el muslo y la parte inferior de la pierna, que eran los músculos con restricción del flujo sanguíneo que se evaluaban.
- No se observó ningún cambio significativo en los músculos del tronco sin restricción luego de 3 semanas de entrenamiento de caminata con BFR de dos veces por día.

REFERENCIAS

1. Abe, T., Kearns, C.F. and Fukunaga, T (2003). Sex differences in whole body skeletal muscle mass measured by magnetic resonance imaging and its distribution in young Japanese adults. *British Journal of Sports Medicine* 37, 436-440
2. Abe, T., Yasuda, T., Midorikawa, T., Sato, Y., Kearns, C.F., Inoue, K., Koizumi, K, and Ishii, N (2005). Skeletal muscle size and strength are increased following walk training with restricted leg muscle blood flow: implications for training duration and frequency. *International Journal of Kaatsu Training Research* 1, 6-12

3. Abe, T., Kearns, C.F, and Sato, Y (2006). Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. *Journal of Applied Physiology* 100, 1460-1466
4. Abe, T., Kearns, C.F,, Fujita, S., Sakamaki, M., Sato, Y. and Brechue, W.F (2009). Skeletal muscle size and strength are increased following walk training with restricted leg muscle blood flow: implications for training duration and frequency. *International Journal of Kaatsu Training Research* 5, 9-15
5. Abe, T., Sakamaki, M., Fujita, S., Ozaki, H., Sugaya, M., Sato, Y, and Nakajima, T (2010). Effects of low-intensity walk training with restricted leg muscle blood flow on muscle strength and aerobic capacity in older adults. *Journal of Geriatric Physical Therapy* 33, 34-40
6. Madarame, H., Neya, M., Ochi, E., Nakazato, K., Sato, Y, and Ishii, N (2008). Cross-transfer effects of resistance training with blood flow restriction. *Medicine and Science in Sports Exercise* 40, 258-263
7. Ozaki, H., Sakamaki, M., Yasuda, T., Fujita, S., Sugaya, M., Ogasawara, R., Nakajima, T. and Abe, T (2011). Increases in aerobic capacity and thigh muscle volume by walk training with leg blood flow reduction in the elderly. *Journal of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 66A, 257-263
8. Takarada, Y., Nakamura, Y., Aruga, S., Onda, T., Miyazaki, S. and Ishii, N (2000). Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. *Journal of Applied Physiology* 88, 61-65
9. Yasuda, T., Fujita, S., Ogasawara, R., Sato, Y. and Abe, T (2010). Effects of low-intensity bench press training with restricted arm muscle blood flow on chest muscle hypertrophy: a pilot study. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 30, 338-343
10. Yasuda, T., Ogasawara, R., Sakamaki, M., Bemben, M.G. and Abe, T (2011). Relationship between limb and trunk muscle hypertrophy following high-intensity resistance training and blood flow-restricted low-intensity resistance training programs. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, in press

Cita Original

ikako Sakamaki, Michael G. Bemben and Takashi Abe. Legs and Trunk Muscle Hypertrophy Following Walk Training with Restricted Leg Muscle Blood Flow. *Journal of Sports Science and Medicine* (2011) 10, 338 - 340.