Article

Efectos del Entrenamiento en Tapiz Rodante Motorizado vs No Motorizado sobre el Cociente de Fuerza entre Isquiotibiales y Cuádriceps

Kelly A Franks[1], Lee E Brown[1], Jared W Coburn[1], Robert D Kersey[1] y Martim Bottaro[2]

[1]*Center for Sport Performance, Human Performance Laboratory. Department of Kinesiology, California State University, Fullerton, CA, USA.*
[2]*Universidade de Brasília, Brasília, Brazil..*

RESUMEN

La literatura previa sugiere que las diferencias en la participación muscular y la biomecánica entre el entrenamiento en suelo y el entrenamiento en tapiz rodante provocan diferentes respuestas. El objetivo de este estudio fue examinar los efectos del entrenamiento en dos diferentes tapices rodantes sobre el cociente convencional (CR; solamente concéntrico) y el cociente funcional (FR; excéntrico – concéntrico) de la fuerza entre isquiotibiales y cuádriceps. Quince hombres y dieciséis mujeres fueron aleatoriamente divididos en tres grupos: un grupo que entrenó en un tapiz rodante motorizado (MT); un grupo que entrenó en un tapiz rodante no motorizado (NMT) y un grupo control (C). Antes y después del entrenamiento, los sujetos completaron evaluaciones isocinéticas concéntricas y excéntricas de los isquiotibiales y cuádriceps de ambas extremidades. Los sujetos completaron además 4 semanas de entrenamiento en el tapiz rodante asignado, comenzando con 2 millas e incrementando el millaje en ½ milla por semana. El grupo C no participó en ningún tipo de entrenamiento. El CR mostró una interacción de dos vías significativa entre el grupo y el tiempo; con un incremento en el grupo MT (pre: 0.80 ± 0.09 a post: 0.84 ± 0.09) una reducción en el grupo NMT (pre: 0.76 ± 0.13 a post: 0.74 ± 0.10) y sin cambios en el grupo C (pre: 0.79 ± 0.10 a post: 0.79 ± 0.09). El FR mostró una interacción de dos vías significativa entre la velocidad y el sexo, con un incremento en el FR a medida que se incrementó la velocidad en los hombres (60 grados·s^{-1}: 1.04 ± 0.11; 180 grados·s^{-1}: 1.66 ± 0.27; 300 grados·s^{-1}: 2.36 ± 0.45) y en las mujeres (60 grados·s^{-1}: 1.05 ± 0.16; 180 grados·s^{-1}: 1.90 ± 0.26; 300 grados·s^{-1}: 2.75 ± 0.47), pero con un incremento mayor en las mujeres en comparación con los hombres. El modo de entrenamiento provocó cambios específicos en la fuerza de los isquiotibiales y cuádriceps, resultando en un cambio específico en el CR; sin embargo, ninguno de los modos de entrenamiento provocó efectos significativos sobre la fuerza excéntrica de los isquiotibiales o en el FR. Se debería prestar atención al modo de entrenamiento de la resistencia cuando el objetivo es alterar el CR de los isquiotibiales/cuádriceps.

Palabras Clave: concéntrico, excéntrico, convencional, funcional, carrera, caminata

INTRODUCCIÓN

Diversos modos de entrenamiento aeróbico se han vuelto cada vez más populares como actividades recreacionales para muchos individuos. El pedestrismo y la caminata implican una serie de movimientos complejos en múltiples articulaciones. Sin considerar el modo de entrenamiento, el cuerpo se adapta y ajusta al estrés que se le impone. Con frecuencia, los corredores recreacionales entrenan al aire libre siempre que el clima se lo permita. Sin embargo, existen instancias en donde se necesita entrenar dentro de una instalación y el tapiz rodante es el único modo de entrenamiento disponible. El tapiz rodante es una elección lógica como alternativa al entrenamiento sobre terreno debido a su disponibilidad, como a la posibilidad de mantener una velocidad y una pendiente específica (Schache et al., 1999). La literatura previa sugiere que la posición del cuerpo, los músculos involucrados y la biomecánica son diferentes cuando se entrena sobre terreno o cuando se entrena en tapiz rodante (Schache et al., 1999).

Existen estudios que han comparado la actividad muscular durante el entrenamiento en tapiz rodante y durante el entrenamiento sobre terreno (Prentice, 2006; Vogt et al., 2002). Sin embargo, los resultados de estos estudios son contradictorios e inconsistentes. Estudios previos han investigado diversos parámetros cinemáticos durante el entrenamiento en tapiz rodante como durante el entrenamiento sobre terreno. Estos parámetros incluyen, el movimiento de la rodilla en el plano sagital, los movimientos de la articulación del tobillo y la cinemática del complejo lumbo-pélvico (Baur et al., 2007; Bickham, 2000; McKenna and Riches, 2007; Riley et al., 2008; Riley et al., 2010; Schache et al., 1999; 2000; 2001; 2002; 2003; 2005; Vogt et al., 2002). Además, algunos estudios han investigado la involucración de los músculos de las extremidades inferiores durante el entrenamiento sobre terreno y en tapiz rodante así como también la fuerza de los isquiotibiales con diferentes modos de entrenamiento (Croisier et al., 2007; Gajdosik et al., 1985; Koller et al., 2006).

Un componente fundamental de la actividad deportiva es la eficiencia de movimiento. Una cinemática inapropiada o ineficiente puede provocar que los individuos alteren el reclutamiento muscular, desarrollando así desmejoras que pueden derivar en una mayor susceptibilidad a la lesión. La literatura previa sugiere que si la pelvis se encuentra en posición de rotación anterior, se podría alterar la longitud del momento del músculo, lo cual a su vez provocaría la disfunción de las articulaciones y de los músculos que las rodean (Grossman et al., 1982; Janda, 1993). Por lo tanto, una alteración de un músculo particular podría afectar adversamente la producción de fuerza máxima. Cuando se produce esta alteración, los músculos con una longitud alterada podrían sufrir cambios fisiológicos (Grossman et al., 1982; Janda, 1993). Diversos modos de entrenamiento provocan diversas experiencias de entrenamiento y fuerzan al cuerpo a activar diferentes músculos para estabilizarse y movilizarse a través de un rango de movimiento dado. Hasta el momento, pocos estudios han investigado los cambios en la activación muscular y en la fuerza con diferentes modos de entrenamiento aer´boico, incluyendo la utilización de tapices rodantes motorizados y no motorizados.

Los tapices rodantes motorizados tienen una superficie plana con un motor que impulsa el continuo movimiento de la banda sobre la cual el corredor intenta igualar la velocidad a través de cambios en la frecuencia y la longitud de la zancada. En cambio, los tapices rodantes no motorizados tienen una superficie curva sin motor, lo cual requiere que el corredor impacte sobre la superficie e impulse la banda con cada zancada. Estudios previos han concluido que cuando se corre sobre un tapiz rodante motorizado se produce una inclinación más pronunciada del tronco hacia delante (Baur et al., 2007; Tong et al., 2001). Con esta postura inclinada hacia delante, los músculos erectores de la columna así como también los paraespinales son colocados bajo estiramiento y los flexores de la cadera se encuentran en una posición más acortada. La fuerza y el rango de movimiento de los músculos involucrados en la flexión y la extensión de la cadera y la rodilla, específicamente las contracciones excéntricas y concéntricas de los isquiotibiales, son componentes vitales para los corredores de todos los niveles.

Con el entrenamiento en tapiz rodante motorizado, la pelvis se coloca en una posición de mayor rotación anterior, forzando a los flexores de la cadera a un mayor acortamiento y provocando una reducción en el rango de movimiento en la flexión de cadera. En la actualidad, existe poca investigación respecto del entrenamiento en tapiz rodante motorizado vs no motorizado y sus efectos sobre la fuerza de los isquiotibiales y cuádriceps. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue examinar los efectos del entrenamiento en tapiz rodante motorizado vs no motorizado sobre los índices de fuerza de los isquiotibiales/cuádriceps.

MÉTODOS

Participantes

Quince hombres (edad: 22.67 ± 2.16 años, talla: 1.78 ± 0.09 m; masa corporal: 83.00 ±14.22 kg) y dieciséis mujeres (edad: 22.31 ± 1.62 años, talla: 1.65 ± 0.06 m; masa corporal: 73.33 ± 15.69 kg) fueron divididos en orden contrabalanceado a uno de tres grupos: un grupo que entrenó en tapiz rodante motorizado (MT; 5 mujeres y 5 hombres), un grupo que entrenó en tapiz rodante no motorizado (NMT; 6 mujeres y 5 hombres) y un grupo control (C; 5 mujeres y 5 hombres). El Comité de Revisión Institucional de la Universidad aprobó los protocolos del estudio. Los participantes eran no corredores y afirmaron que no participaron regularmente en actividades de pedestrismo en los últimos seis meses. Los sujetos no poseían lesiones músculo-esqueléticas o neurológicas agudas o crónicas. Todos los sujetos restringieron su actividad física adicional durante el período de entrenamiento y evaluación y se limitaron a realizar el protocolo de entrenamiento del estudio. Ninguno de los sujetos perdió más de dos días de entrenamiento no consecutivos.

Procedimientos

Cada sujeto completó una evaluación pre entrenamiento y otra post entrenamiento de la fuerza isocinética concéntrica y excéntrica de los isquiotibiales y cuádriceps a tres velocidades angulares: 60, 180 y 300 grados·s^{-1}. Con estos datos se calculó el índice convencional (CR) como el cociente entre la fuerza concéntrica de los isquiotibiales (CH) y la fuerza concéntrica de los cuádriceps (CQ). Además, se calculó el índice funcional (FR) que se definió como el cociente entre la fuerza excéntrica de los isquiotibiales (EH) y el momento del CQ (Aagaard et al., 1998).

Evaluación de la Fuerza

El protocolo de evaluación comenzó con una entrada en calor general de cinco minutos en un cicloergómetro a 50 Watts y una cadencia seleccionada por los propios sujetos. La evaluación isocinética bilateral fue llevada a cabo utilizando un dinamómetro Biodex System 3 (Biodex Medical Systems, Shirley, NY). Los sujetos se sentaron en el dinamómetro con su cuerpo estabilizado mediante correas colocadas en los muslos, caderas y pecho. Una en esta posición, se estableció el rango de movimiento entre 10 y 90 grados para la flexión (0 grados en la extensión completa). Previamente a la evaluación, los sujetos completaron una entrada en calor específica y de familiarización realizando 5 repeticiones a 120 grados·s^{-1}. El orden de evaluación fue de lento a rápido: 60, 180 y 300 grados·s^{-1}. Los sujetos realizaron 5 repeticiones a cada velocidad y con cada acción muscular. El torque pico fue definido como el máximo torque registrado durante cualquier repetición. Los intervalos de recuperación entre las velocidades fueron de dos minutos y de cinco minutos entre las acciones musculares. Los sujetos no recibieron retroalimentación visual alguna, pero fueron estimulados verbalmente a lo largo de la evaluación.

Entrenamiento en Tapiz Rodante Motorizado

Los sujetos llevaron a cabo todas las sesiones de entrenamiento en un tapiz rodante Quinton (Quinton Fitness Equipment, Clubtrack, Fontana, CA). Los sujetos completaron una sesión de familiarización de 10 minutos en el tapiz rodante motorizado antes de la primera sesión. Posteriormente, los sujetos completaron 4 semanas de entrenamiento con 3 sesiones por semana. No se utilizó inclinación del tapiz rodante a lo largo del período de entrenamiento. Cada sesión de entrenamiento comenzó con una entrada en calor de 5 minutos en el tapiz rodante al 45% de la frecuencia cardíaca de reserva (HRR, método de Karvonen). Luego de cinco minutos, el esfuerzo se incrementó al 65% de la HHR de los sujetos. La frecuencia cardíaca se midió utilizando monitores de frecuencia cardíaca Polar (HR, Polar Electro Inc., FS1 and TS1, Woodbury, NY). El millaje se incrementó en ½ milla por semana. La primera semana los sujetos completaron dos millas por visita, en la segunda semana 2.5 millas por visita, en la tercer semana 3 millas por visita y en la cuarta semana 3.5 millas por visita.

Entrenamiento en Tapiz Rodante No Motorizado

Los sujetos completaron todas las sesiones de entrenamiento en un tapiz rodante no motorizado Curve (Woodway, Waukesha, WI). Previamente a la primera sesión de entrenamiento, los sujetos completaron una sesión de familiarización de 10 minutos sobre el tapiz rodante no motorizado. Posteriormente completaron cuatro semanas de entrenamiento con tres sesiones semanales. Cada sesión de entrenamiento comenzó con una entrada en calor de cinco minutos sobre el tapiz rodante al 45% de la frecuencia cardíaca de reserva (HRR, método de Karvonen). Luego de cinco minutos, el esfuerzo se incrementó hasta el 65% de la HRR de los sujetos. La frecuencia cardíaca se midió utilizando monitores de frecuencia cardíaca Polar (HR, Polar Electro Inc., FS1 and TS1, Woodbury, NY). El millaje se incrementó en ½ milla por semana. La primera semana los sujetos completaron dos millas por visita, en la segunda semana 2.5 millas por visita, en la tercer semana 3 millas por visita y en la cuarta semana 3.5 millas por visita. Los sujetos asignados al grupo control participaron en las evaluaciones isocinéticas pre y post pero no participaron en ninguna actividad en tapiz rodante durante el estudio.

Análisis Estadísticos

Los análisis estadísticos fueron llevados a cabo utilizando el programa SPSS para Windows (Version 19.0; Chicago, IL). El nivel de significancia fue establecido a priori a $p<0.05$. Para analizar el CR y el FR se utilizó el análisis de varianza ANOVA mixto de 2 × 3 × 2 × 2 × 3 (tiempo × grupo × sexo × pierna × velocidad).

RESULTADOS

El análisis ANOVA del CR reveló una interacción de dos vías significativa ($p<0.05$) entre el grupo y el tiempo. El CR para el grupo que entrenó en el tapiz rodante motorizado (MT) se incrementó, mientras que el CR para el grupo que entrenó en el tapiz rodante no motorizado (NMT) se redujo, sin observarse cambios en el grupo control (C) (Figura 1). Estos índices se explican por los valores expresados en la Tabla 1, donde el grupo MT mostró un mayor incremento en CH relativo al CQ, el grupo NMT mostró un mayor incremento en CQ relativo al CH y el grupo C mostró incrementos similares en CH y CQ.

	Motorizado		No-Motorizado		Control	
	CH	CQ	CH	CQ	CH	CQ
Pre	95.2 (18.4)	126.3 (24.6)	91.8 (29.2)	127.7 (37.9)	100.1 (26.7)	135.5 (41.7)
Post	100.8 (31.0)*	125.1 (36.5)	94.4 (26.6)*	133.5 (34.1)*	105.2 (26.3)*	139.1 (44.8)*

Tabla 1. *Torque pico ($N \cdot m^{-1}$) concéntrico de los isquiotibiales (CH) y de los cuádriceps (CQ) por condición experimental y agrupado por sexo, velocidad y pierna. Los datos son medias (± DS). * Significativamente diferente del valor pre.*

El análisis ANOVA para el FR no mostró interacciones significativas ($p>0.05$) que involucraran al tiempo y al grupo, pero se observó una interacción de dos vías significativa ($p<0.05$) entre la velocidad y el sexo. El FR se incrementó tanto para los hombres como para las mujeres a medida que se incrementó la velocidad, pero se incrementó en mayor medida en las mujeres que en los hombres (Figura 2). Estos índices se explican por los valores expresados en la Tabla 2, donde el EH se incrementó similarmente en las diferentes velocidades para cada sexo pero el CQ se redujo en mayor medida en las mujeres que en los hombres (Tabla 2).

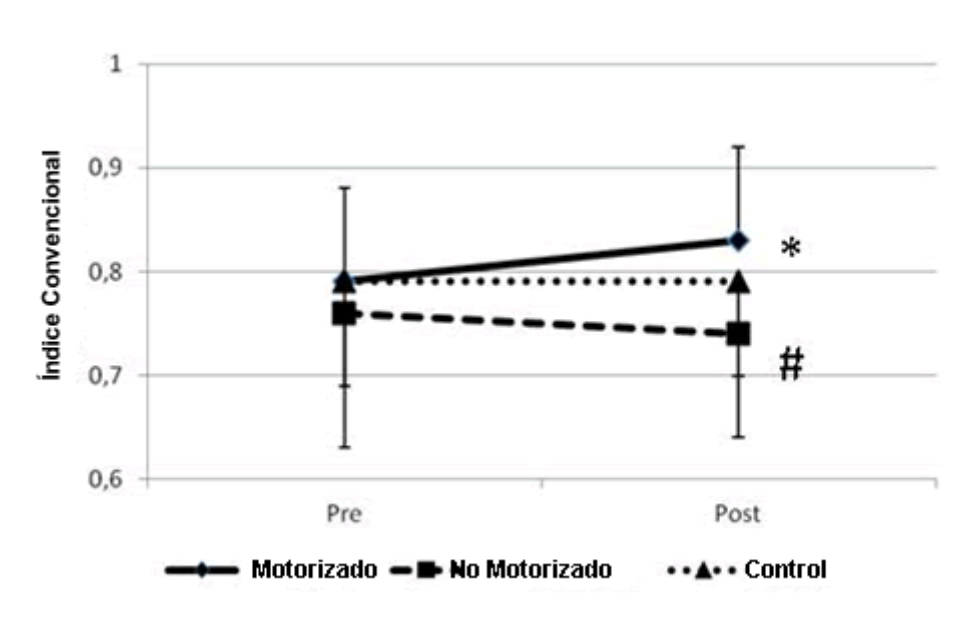

Figura 1*. Índices convencionales pre y post entrenamiento (media ± DS) por condición experimental y agrupados por sexo, velocidad y pierna. * Significativamente mayor que el valor Pre; # Significativamente menor que el valor Pre.*

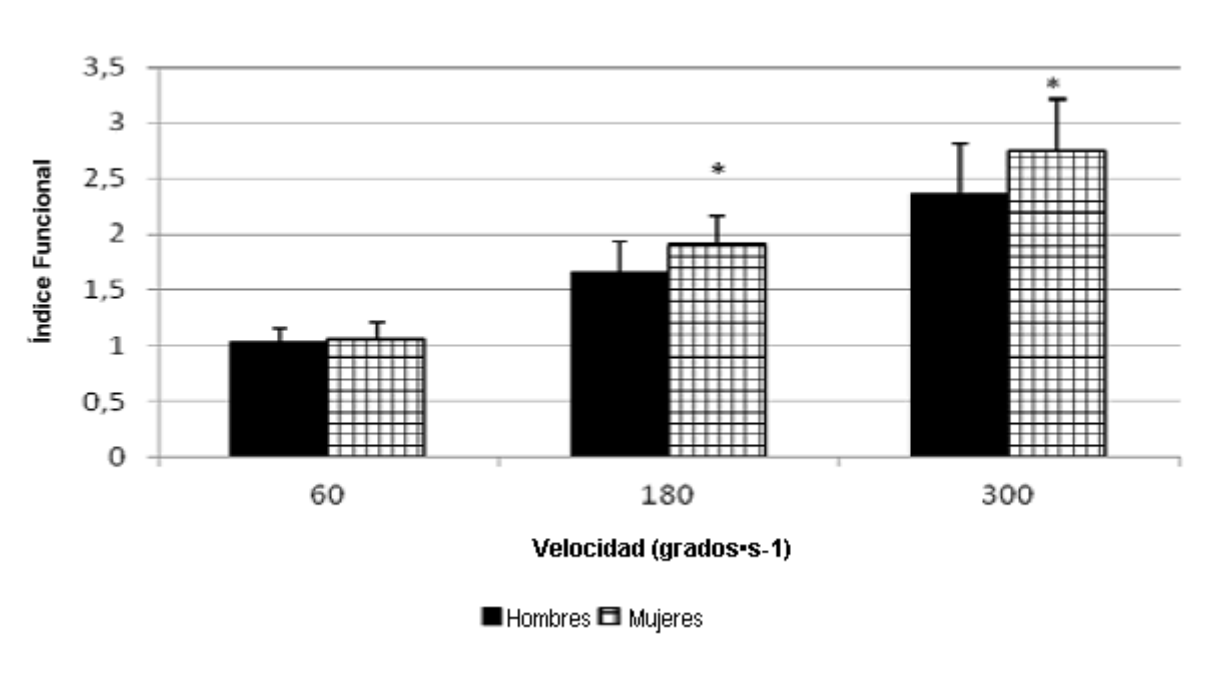

Figura 2. *Índices funcionales por sexo y velocidad (media ± DS) agrupados por condición experimental, tiempo y pierna. * Significativamente mayor que el valor de los hombres.*

DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue examinar los efectos del entrenamiento en tapiz rodante motorizado vs no motorizado sobre los índices CR y FR de la fuerza de los isquiotibiales/cuádriceps. El principal hallazgo fue que los diferentes tipos de tapiz rodante provocaron diferentes resultados cuando se comparó la fuerza de los cuádriceps y los isquiotibiales. El tapiz rodante motorizado tuvo un mayor efecto sobre los isquiotibiales resultando en un incremento del CR mientras que el tapiz rodante no motorizado afectó el cuádriceps en mayor medida, resultando en una reducción del CR. Ninguna forma de entrenamiento afectó el FR.

Pocos estudios han examinado el rol del entrenamiento en tapiz rodante y sus efectos específicos sobre las adaptaciones musculares (McKenna and Riches, 2007; Riley et al., 2008; Schache et al., 1999; Schache et al., 2001). Además, estos estudios se han enfocado en los cambios cinemáticos más que en los cambios en la fuerza. En el presente estudio examinamos tanto el CR como el FR debido a los inconsistentes hallazgos en la literatura previa respecto de la validez de uno u otro índice como herramienta para valorar el riesgo de lesión (Aagaard et al., 1998; Ahmad et al., 2006; Delextrat et al., 2010; Holcomb et al., 2007; Hole et al., 2000; Mjolsnes et al., 2004; Rosene et al., 2001). Se ha sugerido que el posicionamiento del cuerpo, la masa muscular involucrada y la biomecánica son diferentes entre la carrera sobre terreno y la carrera en tapiz rodante (McKenna and Riches, 2007; Riley et al., 2008; Schache et al., 1999; Schache et al., 2001). Estudios previos han mostrado diferencias significativas en la flexión y extensión de la cadera entre la carrera sobre terreno y la carrera en tapiz rodante (Schache et al., 1999). McKenna y Riches (2007) reportaron que el ángulo de extensión de la cadera al momento del despegue en la zancada era significativamente menor durante la carrera en tapiz rodante motorizado y en comparación con la carrera sobre terreno. Además, la extensión y la abducción de la rodilla y la flexión plantar se incrementaron significativamente en la carrera sobre terreno vs la carrera en tapiz rodante (Riley et al., 2008). Un NMT es más similar a la locomoción sobre terreno en cuanto a que las piernas deben empujar activamente en cada zancada, dado que la cinta no es motorizada. Además, el MT tiene una superficie plana mientras que el NMT específico utilizado en este estudio tiene una inclinación curvada en ambos extremos. Esta inclinación curvada podría hacer que el cuerpo se ubique con una inclinación más hacia delante durante la locomoción. Nuestros resultados sugieren que el entrenamiento en MT provocó una mayor involucración de los isquiotibiales y una menor participación de los cuádriceps, resultando en una reducción del a fuerza CQ. En contraste, el entrenamiento en NMT incrementó tanto la CH como la CQ pero provocó una mayor involucración de los cuádriceps en relación con los isquiotibiales. Esto podría deberse a la inclinación curvada que se encuentra en el extremo delantero del NMT, requiriendo una mayor flexión de la cadera al momento de la toma de contacto de la zancada y una mayor extensión de la cadera durante el despegue. Si bien en el

presente estudio no se midió la musculatura de la cadera, se ha sugerido que la dependencia en diferentes músculos y posiciones articulares puede afectar el reclutamiento muscular (Prentice, 2006).

	60 grados·s^{-1}		180 grados·s^{-1}		300 grados·s^{-1}	
	EH	CQ	EH	CQ	EH	CQ
Men	222.4 (61.6)	213.4 (42.7)	254.2 (67.7)	153.3 (23.1)*	256.4 (48.8)	112.2 (23.2) *#
Women	152.4 (40.4)	145.9 (27.3)	186.9 (52.2)	99.2 (17.8) *	186.9 (46.5)	68.7 (12.4) *#

Tabla 2. *Torque pico (N/m; media ± DS) excéntrico de los isquiotibiales (EH) y concéntrico de los cuádriceps (CQ) por sexo y velocidad agrupado por condición experimental, pierna y tiempo. * Significativamente menor que 60; # Significativamente menor que 180.*

Si bien parece lógico que el entrenamiento en NMT, con la necesidad de empujar en cada zancada, podría provocar una mayor involucración de los isquiotibiales que el MT, esto no está respaldado por nuestros resultados. Esto podría deberse a una mayor utilización de los extensores de la cadera durante el ejercicio en NMT y la mayor generación de tensión en relación con los isquiotibiales. Además, el MT pudo haber provocado una menor participación de los cuádriceps debido a que la cinta empuja a la pierna en cada zancada con una velocidad constante, lo cual contrasta con la velocidad variable de la cinta en cada zancada sobre el NMT.

Índice Convencional

Diversos estudios han investigado los factores que influencian el CR (Aagaard et al., 1995; 1998; Ahmad et al., 2006; Holcomb et al., 2007; Hole et al., 2000; Rosene et al., 2001). Sin embargo, muy pocos estudios han investigado los efectos del modo de entrenamiento sobre este índice. Rosene et al (2001) llevaron a cabo un estudio para investigar las diferencias en el CR en una población de deportistas universitarios. Los deportes incluidos en este estudio fueron el vóleibol masculino y femenino, el fútbol masculino y femenino, el básquetbol femenino y el softbol femenino. Similarmente a lo observado en nuestro estudio, estos investigadores no hallaron diferencias significativas entre las extremidades. Esto podría deberse al hecho de que los deportes investigados y el entrenamiento en el tapiz rodante requieren la participación similar de la pierna izquierda y derecha.

Zakas et al (1995) examinaron los índices CR en jugadores de básquetbol y fútbol de diferentes niveles y no observaron diferencias significativas. Contrariamente a estos resultados, Read y Bellamy (19990) reportaron diferencias significativas entre jugadores de tenis, squash y atletas de pista. Los autores atribuyeron estas diferencias a las adaptaciones al entrenamiento de la fuerza, flexibilidad y nivel de competición. Si bien ambos autores compararon los índices entre diferentes deportes, los resultados pudieron diferenciarse debido a las diferentes demandas de los deportes investigados. Si bien ambos estudios compararon los índices entre los deportes, los resultados pudieron ser diferentes debido a las diferentes demandas de los deportes investigados. En este sentido, si bien existen diferencias entre las demandas específicas del básquetbol y del fútbol, se observan mayores diferencias entre el tenis, el squash y el atletismo de pista. Esto ilustra la necesidad de comprender las adaptaciones específicas al entrenamiento asociadas con diferentes modos de entrenamiento, lo cual fue el foco de nuestro estudio.

Holcomb et al (2007) investigaron los efectos de un entrenamiento con sobrecarga haciendo énfasis sobre los isquiotibiales, sobre el índice de fuerza CR en jugadoras de fútbol universitarias. Los sujetos participaron en un programa de entrenamiento de la fuerza de seis semanas y fueron evaluadas entes y después del período de entrenamiento. Contrariamente a nuestros resultados, su estudio no reveló diferencias significativas para el índice CR. Los autores consideraron que observarían un incremento significativo en el índice luego del entrenamiento, debido a que la literatura sugiere que los jugadores de fútbol tienen un reducido índice CR debido a la mayor fuerza de sus cuádriceps. Sin embargo, sus sujetos tenían índices pre-entrenamiento mayores que el promedio, lo cual probablemente haya enmascarado cualquier cambio en el CR.

Índice Funcional

El FR puede ser importante para valorar la relación de fuerza funcional, debido a que los movimientos de la articulación de la rodilla implican acciones excéntricas de los músculos isquiotibiales simultáneamente con acciones concéntricas de los cuádriceps durante la extensión y a la inversa durante la flexión (Aagaard et al., 1995; 1998). Se ha sugerido que el

entrenamiento específico, tal como el entrenamiento excéntrico y el ejercicio Nórdico de isquiotibales podría alterar la fuerza EH (Holcomb et al., 2007; Hole et al., 2000). En un estudio donde se utilizaron contracciones concéntricas, Mjolsnes et al (2004) no hallaron cambios significativos en la fuerza de los EH luego de un programa de entrenamiento progresivo de diez semanas de duración, con ejercicios CH. Sus hallazgos son consistentes con los nuestros, ya que no hemos observado incrementos significativos en la fuerza de los EH luego del entrenamiento MT o NMT.

En contraste con nuestros hallazgos, Holcomb et al (2007) observaron un incremento significativo en el FR luego de seis semanas de entrenamiento con sobrecarga con énfasis en los isquiotibiales. Sus resultados demostraron que el índice FR se incrementó por encima de 1.0 (i.e., EH y CQ son iguales), lo cual es significativo debido a la evidencia que sugiere que un FR mayor a 1.0 podría ayudar en la prevención de lesiones del ACL (Aagaard et al., 1998). Las diferencias entre nuestros resultados y los de Holcomb et al (2007) podrían deberse al diseño del estudio. Holcomb et al (2007) se enfocaron en el entrenamiento con sobrecarga de los isquiotibiales, mientras que el presente estudio se enfocó en el entrenamiento de la resistencia utilizando tanto los cuádriceps como los isquiotibiales. Además, el entrenamiento con sobrecarga del estudio de Holcomb et al., tuvo una duración de seis semanas mientras que nosotros solo hemos investigado los cambios en solo cuatro semanas. Debido a que el entrenamiento NMT requirió que los participantes empujaran la cinta para propulsarse, esto podría haber requerido una mayor participación de los cuádriceps resultando en mayores cambios en la fuerza de los cuádriceps. Como se mencionara previamente, esto podría explicarse por la inclinación en los extremos de la cinta y por la posición adelantada que adquiere el cuerpo para mantener la longitud de la zancada. Debido a esta posición, se podrían producir adaptaciones específicas relativas a la zancada y a las demandas impuestas por la propulsión.

En un estudio clínico, Hole et al (2000) examinaron tanto el CR como el FR en hombres y mujeres con ruptura del ACL y en espera de la reconstrucción quirúrgica. Interesantemente, estos investigadores no hallaron diferencias en ninguno de los índices entre la extremidad lesionada y la extremidad normal. Los autores atribuyeron estos hallazgos al hecho de que la mayoría de los sujetos sostuvo su lesión por un año previamente al estudio. Dvir et al (1989) sugirieron luego de un período prolongado de tiempo, posterior a la lesión, se podría alcanzar la recuperación de la fuerza de los isquiotibiales. Hole et al (2000) hallaron una reducción significativa en la fuerza de los EH y CQ cuando compararon extremidades normales y lesionadas. Si bien, en el presente estudio los sujetos se evaluaron pre y post entrenamiento y, además, se evaluaron a hombres y mujeres; nuestros resultados no son consistentes con estos hallazgos, ya que no se observaron cambios en el EH y se observó una reducción en el CQ para el grupo MT. Esto podría explicarse en función de la población de sujetos participantes, ya que nosotros utilizamos sujetos saludables recreacionalmente entrenados, mientras que Hole et al (2000) utilizaron sujetos lesionados con deficiencias en el ACL, y no observaron cambios en los índices investigados. Por lo tanto, la validez de los índices CR y FR como herramienta para la valoración de la laxitud ligamentaria y de la estabilidad dinámica dela rodilla podría cuestionarse (Ahmad et al., 2006).

En un estudio llevado a cabo por Delextrat et al (2010), se investigó la utilización de los índices CR y FR como herramientas para valorar la fatiga en jugadores de fútbol. Sus resultados revelaron reducciones significativas en ambos índices luego de la realización de tests de campo específicos del fútbol. Estos investigadores sugirieron que el FR es una medición más válida de la fatiga provocada por las actividades del fútbol en comparación con el CR. También indicaron que el entrenamiento de la fuerza excéntrica a alta velocidad podría ser necesario para la prevención de lesiones en jugadores de fútbol. Si bien, nuestro entrenamiento no incluyó trabajos de sprint o movimientos excéntricos específicos de alta velocidad, si involucró caminatas rápidas, trotes o carreras. Por lo tanto, el entrenamiento MT pudo haber forzado a los isquiotibiales a adaptarse a movimientos más rápidos, derivando en un incremento del CR.

CONCLUSIONES

El principal hallazgo de este estudio es que el modo de entrenamiento que provocó cambios específicos en el CH y CQ resultó en cambios específicos en el CR; sin embargo, ninguno de los modos de entrenamiento tuvo un efecto sobre el EH o el FR. Nuestros resultados indican que el entrenamiento MT podría ser una herramienta de entrenamiento aeróbico apropiada para individuos cuyo objetivo es incrementar su CR. En contraste, el entrenamiento NMT podría ser una mejor elección para individuos cuyo objetivo es reducir su CR. Además, fuimos capaces de observar cambios en el CR en solo cuatro semanas de entrenamiento, mientras que otros estudios han utilizado programas de entrenamiento de seis a diez semanas de duración (Hole et al., 2000; Koller et al., 2006; Prentice, 2006). Dependiendo de la población particular y de las demandas de su deporte, se debería prestar especial atención al modo de entrenamiento de la resistencia cuando el objetivo es alterar el CR o el FR.

Puntos Clave

- La especificidad del entrenamiento en tapiz rodante tuvo diferentes efectos sobre la fuerza concéntrica

- La especificidad del entrenamiento en tapiz rodante tuvo poco o ningún efecto sobre la fuerza excéntrica
- Los índices de fuerza convencional y funcional podrían dar resultados diferentes en base al modo de entrenamiento
- Cuatro semanas es un período suficiente para observar resultados en la fuerza en individuos desentrenados.

REFERENCIAS

1. Aagaard, P., Simonsen, E.B., Magnusson, S.P., Larsson, B. and Dyhre-Poulsen, P (1998). A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength ratio. *American Journal of Sports Medicine 226(2), 231-237*
2. Aagaard, P. Simonsen, E.B., Trolle, M., Bangsbo, J. and Klausen, K (1995). Isokinetic hamstring/quadriceps strength ratio: influence from joint angular velocity, gravity correction and contraction mode. *Acta PhysiologicaScandinavica 154(4), 421-427*
3. Ahmad, C.S., Clark, A.M., Heilmann, N., Schoeb, S.J., Garnder, T.R. and Levine, W.N (2006). Effect of gender and maturity on quadriceps-to-hamstring strength ratio and anterior cruciate ligament laxity. *American Journal of Sports Medicine 334(3), 370-375*
4. Baur, H., Hirschmuller, A., Muller, S., Gollhofer, A. and Mayer, F (2007). Muscular activity in treadmill and overground running. *Isokinetics and Exercise Science 15, 165-171*
5. Bickham, D., Young, W. and Blanch, P (2000). Relationship between a lumbopelvic stabilization strength test and pelvic motion in running. *Journal of Sports Rehabilitation 9, 219-228*
6. Croisier, J.L., Malnati, M., Reichard, L.B., Peretz, C. and Dvir, Z (2007). Quadriceps and hamstring isokinetic strength and electromyographic activity measured at different ranges of motion: A reproducibility study. *Journal of Electromyography and Kinesiology 117 ,, 484-492*
7. Delextrat, A., Gregory, J. and Cohen, D (2010). The use of the functional H: Q ratio to assess fatigue in soccer. *International Journal of Sports Medicine 33 ,, 192-197*
8. Dvir, Z., Eger, G., Halperin, N. and Shklar, A (1989). Thigh muscle activity and anterior cruciate ligament insufficiency. *Clinical Biomechanics 44 ,, 87-91*
9. Gajdosik, R., Simpson, R., Smith, R. and DonTingny, R.L (1985). Pelvic tilt: Intratester reliability of measuring the standing position and range of motion. *Physical Therapy, 665(2), 169-174*
10. Grossman, M.R., Sahrmann, S.A. and Rose, S.J (1982). Review of length- associated changes in muscle. *Physical Therapy 662(12), 1799-1808*
11. Holcomb, W.R., Rubley, M.D., Lee, H.J. and Guadagnoli, M.A (2007). Effect of hamstring-emphasized resistance training on hamstring:quadriceps strength ratios. *Journal of Strength and Conditioning Research 221(1), 41-47*
12. Hole, C.D., Smith, G.H., Hammond, J., Kumar, A., Saxton, J. and Cochrane, T (2000). Dynamic control and conventional strength ratios of the quadriceps and hamstrings in subjects with anterior cruciate ligament deficiency. *Ergonomics 443(10), 1603-1609*
13. Janda, V (1993). Muscle strength in relation to muscle length, pain, and muscle imbalance. *In: International Perspectives in Physical Therapy New York: Churchill Livingstone. 83-91*
14. Koller, A., Sumann, G., Schobersberger, W., Hoertnagl, H. and Hait, C (2006). Decrease in eccentric hamstring strength in runners in the Tirol speed marathon. *Journal of Sports Medicine 440, 850-852*
15. McKenna, M. and Riches, P.E (2007). A comparison of sprinting kinematics on two types of treadmill and over-ground. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports 117, 649-655*
16. Mjolsnes, R., Arnason, A., Osthagen, T., Raastad, T. and Bahr, R (2004). A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports 114 ,, 311-317*
17. Prentice, W.E (2006). Arnheim's principles of athletic training: A competency-based approach. *McGraw-Hill Companies*
18. Read, M.T.F. and Bellamy, M.J (1990). Comparison of hamstring/quadriceps isokinetic strength ratios and power in tennis, squash and track athletes. *British Journal of Sports Medicine 224 ,, 178-182*
19. Riley, P.O., Dicharry, J., Franz, J., Della Croce, U. and Wilder, R.P (2008). A kinematics and kinetic comparison of overground and treadmill running. *Medicine & Science in Sports & Exercise 440(6), 1093-1100*
20. Riley, P.O., Franz, J., Dicharry, J. and Kerrigan, D.C (2010). Changes in hip joint muscle-tendon lengths with mode of locomotion. *Gait & Posture 331 ,, 279-283*
21. Rosene, J.M., Fogarty, T.D. and Mahaffey, B.L (2001). Isokinetic hamstrings: quadriceps ratios in intercollegiate athletes. *Journal of Athletic Training 33(4), 378-383*
22. Schache, A.G., Bennell, K.L., Blanch, P.D. and Wrigley, T.V (1999). The coordinated movement of the lumbo-pelvic-hip complex during running: a literature review. *Gait and Posture 10, 30-47*
23. Schache, A.G., Blanch, P.D. and Murphy, A.T (2000). Relation of anterior pelvic tilt during running to clinical and kinematic measures of hip extension. *Journal of Sports Medicine 334, 279-283*
24. Schache, A.G., Blanch, P., Rath, D., Wrigley, T. and Bennell, K (2002). Three-dimensional angular kinematics of the lumbar spine and pelvis during running. *Human Movement Science 21, 273-293*
25. Schache, A.G., Blanch, P., Rath, D., Wrigley, T. and Bennell, K (2003). Differences between the sexes in the three-dimensional angular rotations of the lumbo-pelvic-hip complex during treadmill running. *Journal of Sports Sciences 221, 105-118*
26. Schache, A.G., Blanch, P.D., Rath, D.A., Wrigley, T.V., Starr, R. and Bennell, K.L (2001). A comparison of overgound and treadmill running for measuring the three-dimensional kinematics of the lumbo-pelvic-hip complex. *Clinical Biomechanics 116 ,,*

667-680
27. Schache, A.G., Blanch, P.D., Rath, D.A., Wrigley, T.V., Starr, R. and Bennell, K.L (2005). Are anthropometric and kinematic parameters of the lumbo-pelvic-hip complex related to running injuries?. *Research in Sports Medicine 113 ,, 127-147*
28. Tong, R.J., Bell, W., Ball, G. and Winter, E.M (2001). Reliability of power output measurements during repeated treadmill sprinting in rugby players. *Journal of Sports Sciences 119 ,, 289-297*
29. Vogt, L., Pfeifer, K. and Banzer, W (2002). Comparison of angular lumbar spine and pelvic kinematics during treadmill and overground locomotion. *Clinical Biomechanics 117 ,, 162-165*
30. Zakas, A., Mandroukas, K., Vamvakoudis, E., Christoulas, K. and Aggelopoulou, N (1995). Peak torque of quadriceps and hamstrings muscles in basketball and soccer players of different divisions. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 335 ,, 199-205*

Cita Original

Kelly A. Franks, Lee E. Brown, Jared W. Coburn, Robert D. Kersey and Martim Bottaro. Effects of Motorized vs Non-Motorized Treadmill Training on Hamstring/Quadriceps Strength Ratios. Journal of Sports Science and Medicine (2012) 11, 71 - 76