Article

La Eficacia del Entrenamiento Inercial con Flywheel para Mejorar la Fuerza de los Isquiotibiales

Joey O' Brien[1,2], Declan Browne[1], Des Earls[1] y Clare Lodge[1]

[1]*HealthCore, Department of Science and Health, Institute of Technology Carlow, R93 V960 Carlow, Ireland*
[2]*High Performance Unit, WIT Arena, X91 P20H Waterford, Ireland*

RESUMEN

El propósito de esta revisión narrativa es examinar la eficacia del entrenamiento de inercia con dispositivo Flywheel para aumentar la fuerza de los isquiotibiales. La lesión por distensión de los isquiotibiales es común en muchos deportes, y los déficits de fuerza de referencia se han asociado con un mayor riesgo de lesión por distensión de los isquiotibiales. Como resultado, los profesionales de la fuerza y del acondicionamiento físico buscan activamente técnicas adicionales para mejorar la fuerza de los isquiotibiales con el objetivo de minimizar la incidencia de lesiones por distensión de estos músculos. Un método de entrenamiento de fuerza que está ganando popularidad en el desarrollo de la fuerza de los isquiotibiales es el entrenamiento de inercia con Flywheel. En esta revisión, brindamos una breve descripción general del entrenamiento de inercia con Flywheel y sus supuestas adaptaciones. A continuación, discutimos los determinantes importantes del entrenamiento de inercia con Flywheel, como la familiarización, la prescripción de volumen, la carga de inercia, la técnica y el ejercicio específico utilizado. A partir de entonces, investigamos sus efectos sobre la fuerza de los isquiotibiales, la longitud del fascículo y la reducción de lesiones por distensión de los isquiotibiales. Este artículo propone que el entrenamiento de inercia con Flywheel específico de los isquiotibiales se puede utilizar para el desarrollo de la fuerza, pero debido a la baja cantidad de estudios y evidencia contraria, se necesita más investigación antes de poder llegar a una conclusión definitiva. Además, como con cualquier modalidad de entrenamiento, se debe prestar especial atención a los determinantes del entrenamiento de inercia con Flywheel. Esta revisión proporciona recomendaciones generales de los determinantes del entrenamiento de inercia con Flywheel que tienen valor al integrar maquinas isonierciales en un programa de fortalecimiento de los isquiotibiales.

INTRODUCCIÓN

Las lesiones por distensión de los isquiotibiales (HSI) se encuentran entre los tipos de lesiones más comunes que se observan en el área de la medicina deportiva en atletas de élite, con una prevalencia del 6 al 25%, según el deporte [1,2,3]. Es la lesión individual más frecuente en el fútbol profesional [4], el rugby [5] y el atletismo, especialmente entre los velocistas y saltadores [6]. Elkstrand y cols. en un estudio prospectivo, [3] establecieron que la HSI representa el 37% de las lesiones musculares en jugadores profesionales de fútbol y el 25% de las ausencias de los jugadores en los partidos. La HSI tiene una alta tasa de reincidencia [7], y muchas ocurren dentro de las dos semanas posteriores a la lesión original [8]; una justificación de esto puede deberse a programas de rehabilitación inadecuados y/o un regreso prematuro al deporte [9]. La función de los isquiotibiales es complicada, ya que actúa como extensor de la cadera, flexor de la rodilla y rotador externo de la cadera y la rodilla, según la posición de la pierna y la conexión con el suelo [4]. Hay dos tipos principales de

mecanismos de distensión aguda de los isquiotibiales, que se caracterizan mejor por la configuración de la lesión [10]. El tipo más prevalente de HSI ocurre durante la carrera a alta velocidad, seguida de la HSI como resultado de actividades que provocan un rápido alargamiento de los isquiotibiales, como patadas altas, tackle deslizante y al hacer una tijera en el plano sagital [10]. Hay dos puntos de vista en la literatura sobre el mecanismo de las lesiones de los isquiotibiales sufridas durante la carrera a alta velocidad. Una es que el isquiotibial es más susceptible al daño durante el alargamiento activo, que ocurre durante la última fase de balanceo del ciclo de la carrera [11]. Sin embargo, también se ha sugerido que la lesión de los isquiotibiales se produce durante la fase de apoyo inicial cuando el cuerpo es impulsado hacia adelante por encima del punto de contacto, debido a la presencia de grandes fuerzas que actúan en direcciones opuestas [12]. Después de revisiones recientes [13,14], ahora parece ser más aceptado que las HSIs durante el sprint tienen más probabilidades de ocurrir debido a la tensión muscular excesiva causada por la contracción excéntrica durante la última fase de balanceo del ciclo de la carrera [15].

Las HSIs pueden tener efectos adversos en el desempeño de un individuo, lo que dificulta el éxito de un equipo [16]; por lo tanto, es esencial crear conciencia sobre los factores de riesgo comunes. La edad avanzada y el historial previo de lesiones se han asociado comúnmente con un mayor riesgo de una HSI futura [17,18] y se han descrito previamente como factores de riesgo no modificables [19]. Una revisión bibliográfica actual [20] destacó numerosos factores de riesgo modificables, que incluyen flexibilidad, fatiga, cargas en carrera de sprint, carrera de velocidad, control lumbo-pélvico de la cadera, calentamiento insuficiente/inadecuado, fuerza y asimetría intra-extremidad e inter-extremidad y longitud del fascículo del bíceps femoral. Hasta la fecha, la fuerza de los isquiotibiales es la más investigada, con varios tipos de déficits de fuerza muscular asociados con un mayor riesgo de HSI en numerosos estudios [21,22,23,24,25]. Como resultado, los profesionales de la fuerza y del acondicionamiento físico buscan activamente técnicas adicionales para mejorar la fuerza de los isquiotibiales para minimizar la incidencia de HSI con métodos no tradicionales de entrenamiento de la fuerza como el entrenamiento inercial con Flywheel (FIT) ganando popularidad.

Cuando se desarrolló por primera vez, el FIT tenía la intención de ayudar a los astronautas a lidiar con las disfunciones neuromusculares y la atrofia muscular contemporánea que resultan debido a la falta de gravedad experimentada durante los viajes espaciales a largo plazo [26,27]. Desde entonces, muchos estudios han descrito las ventajas mecánicas de los dispositivos de flywheel y han intentado aclarar los mecanismos neurales y fisiológicos, las adaptaciones estructurales y los efectos de entrenamiento inducidos por el ejercicio con flywheel [28]. Sin embargo, pocos lo han investigado específicamente como una modalidad de entrenamiento de la fuerza de los isquiotibiales. El FIT se basa en el principio del flywheel, por el cual la inercia generada por las ruedas giratorias proporciona resistencia [29]. La fuerza ejercida desenrolla una correa unida al eje del dispositivo durante la fase concéntrica, lo que hace que la rueda gire; cuando se completa la fase concéntrica, la correa se rebobina y el usuario debe resistir el dispositivo realizando una acción muscular excéntrica [30]. Esta técnica puede resultar en breves momentos de sobrecarga excéntrica si se realiza correctamente [31]. Esta sobrecarga excéntrica puede inducir ganancias positivas en la fuerza de los isquiotibiales. Actualmente, hay una escasez de investigaciones que hayan estudiado el FIT para aumentar la fuerza de los isquiotibiales, específicamente la fuerza excéntrica de los isquiotibiales. Por lo tanto, el objetivo principal de esta revisión es investigar la eficacia del FIT para aumentar la fuerza de los isquiotibiales y, al mismo tiempo, investigar los determinantes del FIT específica de los isquiotibiales para proporcionar guías prácticas que se utilizarán en el FIT específico de los isquiotibiales.

Materiales y métodos

Se utilizaron las siguientes estrategias de búsqueda para localizar artículos relevantes *on line*. Las bases de datos buscadas incluyeron *EBSCO host, Web for Science, PubMed, Pub Med, SPORTDiscus* y *Google Scholar*. Los términos clave relevantes en la búsqueda incluyeron entrenamiento de inercia con flywheel de inercia O dispositivo de flywheel de inercia O dispositivo de inercia rotacional O carga de inercia Y fuerza de isquiotibiales Y fuerza excéntrica. Además, los artículos citados en las listas de referencias de revistas reconocidas se buscaron y examinaron manualmente.

Familiarización

Para beneficiarse plenamente del FIT, se requiere cierta coordinación [32], por lo que la experiencia con estos dispositivos tendrá un impacto en los resultados obtenidos, especialmente si los ejercicios implican movimientos en una cadena cinética cerrada donde el desplazamiento se realiza contra la gravedad [33]. La familiarización con el FIT podría alterar la forma en que se realizan las fases concéntrica y excéntrica de un ejercicio, lo que, a su vez, puede alterar el estímulo de sobrecarga excéntrica experimentado [34]. Por ejemplo, Tous-Fajardo y cols. [32] informaron que los participantes con experiencia en el entrenamiento con flywheel lograron una mayor sobrecarga excéntrica en comparación con los participantes sin experiencia previa. Veinte atletas masculinos de deportes de campo participaron en el estudio. Diez participantes tenían experiencia previa (>5 sesiones) en el ejercicio de curl de piernas con flywheel, mientras que diez con características físicas e historial de entrenamiento similares sólo habían experimentado <2 sesiones de familiarización. Los atletas con más experiencia en el FIT tenían fuerzas máximas excéntricas considerablemente más altas que fuerzas máximas concéntricas (<0.05); además, los atletas de la misma habilidad que estaban familiarizados con el FIT generaron una

mayor fuerza máxima excéntrica y concéntrica. Parece que se requiere cierta coordinación para aplicar fuerzas de frenado al final de la acción excéntrica, lo que se justifica para provocar una sobrecarga excéntrica; ajustar esta estrategia parece requerir una familiarización adecuada [32].

Piqueras-Sanchiz y cols. [35] informaron una confiabilidad alta (0.7−0.89) a muy alta (>0.9) durante la producción de energía tanto concéntrica como excéntrica sobre cargas de inercia variables. Los autores evaluaron tanto a hombres como a mujeres en cuatro sesiones de prueba en el ejercicio de curl de piernas con flywheel utilizando cargas de inercia variables (0.083, 0.132, 0.182, 0.266 y 0.350 kg·m2). Se estableció un aumento en la confiabilidad de la energía en todas las sesiones de prueba con puntajes de confiabilidad muy altos (>0.9) para todas las cargas de inercia en la sesión cuatro. Tanto hombres como mujeres presentaron los puntajes de confiabilidad más altos en la cuarta sesión, lo que llevó a los autores a concluir que para lograr resultados confiables y estables, se requiere un proceso de familiarización con sujetos sin experiencia con el ejercicio de curl de piernas con flywheel, recomendando de dos a cuatro sesiones dependiendo de la experiencia de entrenamiento. Los sujetos con menos experiencia pueden necesitar períodos de familiarización más prolongados.

Una investigación similar [36] realizada durante el ejercicio de sentadilla con flywheel observó puntuaciones de fiabilidad comparables (0.79-0.93). Los autores de ese estudio recomendaron realizar al menos tres sesiones para obtener una medida estable durante el ejercicio de sentadilla con flywheel. Un estudio más reciente [33] examinó las diferencias en los perfiles cinéticos y cinemáticos entre dos dispositivos FIT diferentes. 39 hombres sanos realizaron una prueba incremental de media sentadilla en dos dispositivos FIT diferentes: uno en un cilindro horizontal y el otro un eje vertical en forma de cono. El estudio informó diferencias en el rendimiento biomecánico entre los atletas con diferentes niveles de experiencia en el uso de FIT; el pico de fuerza durante la fase ECC se retrasó con respecto al inicio de la siguiente fase CON en el grupo menos experimentado. Este retraso puede afectar la cantidad de fuerza que se puede producir en la fase ECC. Esto concuerda con investigaciones previas [32], que establecieron que para aplicar la fuerza máxima hacia el final de las etapas del movimiento ECC, se requiere cierta coordinación. La investigación sugiere que esta coordinación se logra mejor mediante la experiencia con FIT. Las diferencias descritas en este estudio [33] fueron consistentes en ambos dispositivos FIT analizados.

La investigación muestra definitivamente que se justifica un período de familiarización para obtener medidas confiables y estables en el entrenamiento con flywheel (de dos a cuatro sesiones). Puede ser concebible que los ejercicios menos complejos, como el curl de piernas con flywheel, requieran períodos de familiarización más cortos en comparación con ejercicios más complejos, como el peso muerto rumano con flywheel, pero se requiere más investigación para tomar una determinación final. Es crucial comprender cómo las variables del FIT, como la producción de potencia y la sobrecarga excéntrica, se ven afectadas por la familiarización de los participantes.

Carga inercial

Un determinante importante que puede afectar el rendimiento del FIT es la carga inercial. Dependiendo de la carga inercial utilizada, se han observado diferentes respuestas mecánicas, lo que parece ser un factor esencial para optimizar los resultados del entrenamiento [36]. Tous-Fajardo y cols. [32] fueron el primer estudio que investigó los efectos de la carga inercial en un ejercicio de curl de piernas específico para los isquiotibiales. Veinte jugadores amateurs de fútbol y rugby realizaron una sesión de prueba, que consistió en dos series de seis acciones concéntricas y excéntricas acopladas. Cada serie utilizó dos cargas inerciales diferentes (0.11 y 0.22 kg·m2). La mayor inercia mostró una mayor fuerza máxima, aunque cabe señalar que las cargas inerciales utilizadas se clasificarían como cargas inerciales bajas en comparación con investigaciones similares más recientes.

Piqueras-Sanchiz y cols. [35] también investigaron el efecto de la carga inercial en la producción de potencia en un curl de piernas con flywheel. Dieciséis deportistas universitarios amateurs participaron en el estudio. El estudio evaluó la influencia de diferentes cargas inerciales (0.083, 0.132, 0.182, 0.266 y 0.350 kg·m2) sobre la potencia concéntrica, la potencia excéntrica y la relación de sobrecarga excéntrica (potencia máxima excéntrica/potencia máxima concéntrica ∗ 100) usando un diseño de grupo paralelo. Tanto hombres como mujeres (n = 16) participaron en la intervención. El estudio discutió que la manipulación de la carga inercial puede modificar la potencia generada, con cargas inerciales más bajas (0.083 y 0.132 kg·m2) que conducen a una mayor potencia concéntrica y excéntrica; sin embargo, no hubo cambios significativos (<0.05) en la sobrecarga excéntrica entre las cargas inerciales. Sin embargo, los hombres mostraron una diferencia más significativa de la inercia más baja a la más alta (ES = 1.37 a 1.51) que las mujeres (ES = 1.41 a 1.47), y los autores atribuyen esto a los niveles más bajos de fuerza de las participantes femeninas, lo que significa que utiliza una carga relativa más alta y puede tener una mayor resistencia a la fatiga a intensidades relativas más altas [35]. Estos hallazgos no están en línea con investigaciones previas [36,37] que mostraron que las cargas inerciales más grandes lograron sobrecargas excéntricas más altas; sin embargo, los estudios mencionados investigaron el ejercicio de sentadilla con flywheel, por lo que la investigación puede no ser comparable.

Una intervención específica más reciente para los isquiotibiales [38] investigó los efectos de la carga inercial en un peso muerto rumano con flywheel. Catorce hombres entrenados recreativamente participaron en el estudio, y todos tenían un mínimo de dos años de experiencia en entrenamiento de la fuerza. Ningún participante tenía experiencia en FIT; sin embargo, se proporcionó una familiarización adecuada. Las cargas inerciales variaron de bajas a altas (0.025, 0.050, 0.075 y 0.100 kg·m2). Los resultados nuevamente destacaron que una carga inercial más baja condujo a mayores potencias máximas concéntrica y excéntrica, con la carga más baja alcanzando el valor más alto (0.025 kg·m2). Contrariamente a Piqueras-Sanchiz y cols. [35], cargas medias a altas (0.050, 0.075 y 0.100 kg·m2) dieron lugar a una potencia excéntrica más alta, con 0.100 kg·m2 mostrando el valor más alto. Los autores propusieron que los ejercicios de una sola articulación, como el curl de piernas en flywheel, podrían reclutar menos músculos que los ejercicios de múltiples articulaciones, como el RDL (peso muerto rumano) en flywheel; Es posible que los participantes no hayan podido resistir y romper por completo las fuerzas de inercia, lo que podría conducir a una disminución notable de la sobrecarga excéntrica. La técnica más efectiva para maximizar la sobrecarga excéntrica es resistir suavemente la fuerza durante el primer tercio de la fase excéntrica, luego desacelerar al máximo el flywheel giratorio y detenerse en el rango final de movimiento [39]. La investigación puede diferir sobre los efectos de cargas inerciales más altas; pero es irrefutable que las cargas más bajas dan como resultado potencias pico más altas. Esto tiene importantes implicaciones prácticas porque puede dar lugar a mayores adaptaciones de rendimiento. Como se discutió anteriormente, la carga que maximiza la producción de potencia puede ser la más eficiente para desarrollar el rendimiento deportivo [40,41,42].

Prescripción del volumen

La intensidad (carga inercial) juega un papel vital en la prescripción del entrenamiento durante el FIT, pero su importancia se corresponde con el volumen (número de repeticiones utilizadas), ya que es vital para cualquier intervención de entrenamiento que tenga como objetivo lograr una adaptación específica. Según el conocimiento del autor, ningún estudio hasta la fecha ha analizado la prescripción de volumen para ningún ejercicio de FIT específico para los isquiotibiales. Sin embargo, un estudio [36], usando una sentadilla bilateral con flywheel, investigó el número de repeticiones usando diferentes cargas inerciales en las que se observa el mantenimiento de la potencia máxima concéntrica y excéntrica. Los participantes realizaron una serie de 15 repeticiones con diferentes cargas inerciales (0.025, 0.050, 0.075 y 0.100 kg·m2), y cada carga se probó en un día diferente durante cuatro días de prueba. El valor más alto no se encontró en las dos primeras repeticiones tanto para la potencia máxima concéntrica como para la excéntrica; Al igual que en el FIT, las dos primeras repeticiones generalmente se usan para generar impulso en el flywheel. Por lo tanto, los autores recomendaron que se justifiquen de tres a cuatro repeticiones para acelerar el flywheel al comienzo de la serie, lo que permite acumular el esfuerzo máximo. Dependiendo de la carga inercial, se aconsejó un rango de cinco a 12 repeticiones para mantener la producción de potencia, pero los autores concluyeron que es esencial individualizar la prescripción del volumen de entrenamiento debido a la variabilidad entre los sujetos en las disminuciones de la potencia. Estudios previos específicos de isquiotibiales han utilizado un número fijo de repeticiones [43,44,45], o han aumentado el número de repeticiones a lo largo de la intervención [46,47], pero no se ha recomendado un criterio claro para la prescripción del volumen. Esto destaca que se justifica más investigación sobre la prescripción del volumen, específicamente con respecto a la cantidad de repeticiones utilizadas en el FIT específico para isquiotibiales, ya que comúnmente se considera que diferentes volúmenes de entrenamiento conducen a adaptaciones neuromusculares específicas [36] y deben ser enfocadas principalmente.

Técnica de FIT y ejercicio utilizado

De acuerdo con investigaciones previas [39], el método más efectivo para proporcionar un estímulo excéntrico incluye resistir suavemente la fuerza de inercia durante el primer tercio de la acción excéntrica y luego ejercer un esfuerzo total para desacelerar el flywheel giratorio y detenerlo después de la fase excéntrica del ejercicio. Luego se completa la fase concéntrica subsiguiente con el máximo esfuerzo, y se repite la técnica específica de la fase excéntrica discutida. Cabe destacar que es posible que los participantes no siempre adopten esta técnica [34]. Los individuos pueden intentar controlar la velocidad de la fase excéntrica anticipándose al estímulo de frenado más exigente al final del movimiento, lo que conduciría a una sobrecarga excéntrica disminuida [39], quizás debido a un mecanismo de autoprotección involuntario en un esfuerzo para evitar picos de fuerza [32]. Evitar las fuerzas máximas en el rango final puede ser contraproducente, especialmente en el entrenamiento de isquiotibiales, ya que este rango final es donde los isquiotibiales son más susceptibles a las lesiones. En el curl de piernas en el dispositivo flywheel, Tous-Fajardo y cols. [32] descubrieron lo contrario, que la ventana donde se generaba la fuerza excéntrica más sustancial se producía en las últimas etapas de un rango de movimiento. Dada la complejidad del FIT, la retroalimentación autorregulada podría ayudar a readaptar el rendimiento y hacer que el atleta se sienta cómodo con la técnica correcta.

La selección de ejercicios puede alterar el estímulo proporcionado durante el FIT; previamente se ha planteado la hipótesis [36] de que el número de músculos reclutados durante el FIT puede afectar el rendimiento. Los movimientos multiarticulares grandes, como un RDL, pueden permitir a los participantes detener cargas inerciales más altas de manera más efectiva y, por lo tanto, lograr una sobrecarga excéntrica más significativa en estas altas cargas en comparación con movimientos multiarticulares únicos, como el curl de piernas, que requiere menos musculatura. La selección de ejercicios

también puede afectar la musculatura que se utiliza predominantemente. Por ejemplo, se ha demostrado previamente que el curl de piernas en flywheel recluta preferentemente los músculos isquiotibiales mediales [48]; Los ejercicios que dominan la cadera (como un RDL) reclutan preferentemente la BFlh (porción larga del bícep femoral) [49], que es el músculo del complejo isquiotibial lesionado con mayor frecuencia [50]. Puede ser beneficioso enfocarse en el músculo lesionado con mayor frecuencia, pero según el conocimiento de los autores, ningún estudio ha comparado directamente un ejercicio dominante de flywheel de cadera con un ejercicio dominante de rodilla con respecto a las adaptaciones de los isquiotibiales. Se necesita más investigación antes de poder sacar conclusiones.

Eficacia del FIT en el desarrollo de la fuerza de los isquiotibiales

En deportes con demandas de carrera de alta intensidad, como el fútbol [50] y el fútbol australiano [24], la debilidad excéntrica de los isquiotibiales se ha identificado como un factor de riesgo para futuras lesiones HSI. Timmins y cols. [50] evaluaron la fuerza excéntrica de los isquiotibiales de 152 jugadores profesionales de fútbol en un estudio prospectivo considerable. Los jugadores con una fuerza excéntrica de los isquiotibiales por debajo de 4.35 $N \cdot kg^{-1}$ tenían 4.4 veces más probabilidades (RR; IC del 95 %: 1.1 a 17.5) de sufrir una HSI en la temporada siguiente que los jugadores más fuertes. De acuerdo con esto, Opar y cols. [24] encontraron que la fuerza excéntrica por debajo de 256 Newtons (N) al comienzo de la pretemporada y de 279 (N) al final de la pretemporada se asociaba con un mayor riesgo de HSI (2.7 y 4.3 veces, respectivamente) en una población de 210 futbolistas australianos de élite. Dicha investigación destaca la importancia de la fuerza excéntrica de los isquiotibiales en la HSI y puede explicar por qué es tan frecuente en los programas de prevención de lesiones y en la investigación. El entrenamiento inercial con flywheel ha ganado popularidad en los últimos años y, si se realiza correctamente, puede provocar momentos de sobrecarga excéntrica. Esta sobrecarga excéntrica puede tener el potencial de mejorar la fuerza de los isquiotibiales y justifica una investigación.

Askling y sus colegas [43] evaluaron la fuerza concéntrica y excéntrica isocinética en jugadores de fútbol masculino de élite (n = 30). Los jugadores fueron asignados aleatoriamente a una intervención (n = 15) ya un grupo de control (n = 15). Ambos grupos siguieron el mismo régimen de entrenamiento, y el grupo de intervención realizó un FIT extraespecífico focalizado para isquiotibiales. El grupo de intervención realizó 16 sesiones que incluyeron cuatro series de ocho repeticiones de curl de piernas en flywheel; la primera serie fue submáxima y se utilizó como calentamiento. La sesión de entrenamiento se realizaba cada cinco días durante las primeras cuatro semanas, luego cada cuatro días durante las últimas seis semanas, con una duración total de diez semanas. El grupo de intervención mostró un aumento significativo (<0.05) en el torque máximo concéntrico y excéntrico de los flexores de rodilla, y el grupo de control no mostró ningún cambio significativo. El aumento tanto en la fuerza concéntrica como en la excéntrica fue similar, 15% y 19%, respectivamente. El estudio sugirió que el entrenamiento con sobrecarga excéntrica puede causar mayores adaptaciones de la fuerza de los isquiotibiales que el entrenamiento concéntrico por sí sólo. Cabe señalar que no se realizaron sesiones de familiarización durante el período de entrenamiento. Esto es importante porque, como se indicó anteriormente, se recomiendan de 2 a 4 sesiones de familiarización antes de lograr la técnica adecuada. Es posible que las primeras sesiones del estudio sólo hayan ganado experiencia de los participantes con el dispositivo y en realidad no lograron el estímulo de entrenamiento de fuerza deseado.

Timmins y cols. [47] compararon los efectos de un RDL con flywheel con un ejercicio nórdico NHE sobre la fuerza excéntrica de los isquiotibiales en futbolistas australianos de élite. Veintisiete atletas masculinos fueron aleatorizados en dos grupos, y la intervención se llevó a cabo durante un período de 39 semanas que incluyó tanto la pretemporada como la temporada. La fuerza excéntrica de los isquiotibiales se evaluó en tres momentos: al inicio, al final de la pretemporada y al final de la intervención. Para crear un estímulo apropiado, ambos programas de entrenamiento se periodizaron aumentando gradualmente el volumen y el peso adicional empleado durante el entrenamiento, con ambos grupos emparejados en volumen e intensidad. Se requirió que el grupo de NHE usara un peso (5-10 kg) para lograr la intensidad deseada, mientras que el grupo de RDL usó 0.05 o 0.075 $kg \cdot m2$. La intervención mostró adaptaciones favorables para ambos grupos, con ambos grupos aumentando su fuerza excéntrica (RDL: cambio medio 82N, IC 95% 12 a 152N, d = 1.34, p = 0.026; NHE: cambio medio 97N, IC 95% 47 a 146N, d = 1.77, p = 0.001). Como se discutió anteriormente, tener valores de fuerza excéntrica de 279N al final de la pretemporada elevó la posibilidad de una futura lesión HSI cuatro veces en el fútbol australiano profesional [24]. Timmins y cols. [47] concluyeron que las adaptaciones de la fuerza excéntrica de los isquiotibiales obtenidas en ambos grupos de la intervención podrían tener un impacto positivo en la reducción del riesgo de lesión de HSI. Este fue el primer estudio que investigó un ejercicio dominante de flywheel de cadera sobre los factores de riesgo modificables de la lesión de HSI, y aunque los resultados fueron favorables, se necesita más investigación.

Contrariamente a los estudios mencionados anteriormente [43,47], Presland y cols. [51] no encontraron un aumento significativo en la fuerza excéntrica de los isquiotibiales después de un protocolo de curl de piernas con flywheel de seis semanas. Los participantes fueron designados al azar en dos grupos, uno de control (n = 10) y un grupo sesgado de entrenamiento excéntrico (n = 10). El grupo de control participó en un entrenamiento unilateral en el dispositivo de flywheel con la pierna opuesta actuando como una pierna de control sin ejercicio. El grupo excéntrico también se involucró

en el entrenamiento del flywheel. Realizaron la fase concéntrica con ambas piernas, pero sólo con una pierna al realizar la fase excéntrica. Se utilizó la misma pierna durante toda la intervención de entrenamiento. La fuerza excéntrica se evaluó antes y después de la intervención utilizando un dispositivo de prueba de campo de NHE previamente validado (NordBord, Vald Performance, Queensland, Australia) [52]. Aunque no se informaron aumentos de significación estadística, se encontraron algunos aumentos entre ambos grupos, que oscilaron entre 33N y 46N. El estudio analizó las posibles adaptaciones neuronales en las extremidades de control que contribuyen a estos cambios en la fuerza excéntrica, pero esto no está claro y necesita más investigación. Cabe señalar que se utilizaron diferentes ejercicios y protocolos de flywheel en comparación con investigaciones anteriores [47], por lo que la comparación directa puede ser injusta. La investigación indica que el FIT específico para los isquiotibiales se puede utilizar para el desarrollo de la fuerza [43,47], pero debido al bajo número de estudios y la evidencia contradictoria [51], se necesita más investigación antes de llegar a una conclusión definitiva.

Longitud del fascículo

Las distensiones de los isquiotibiales comprenden el 37% de todas las lesiones por distensión muscular, y de ellas, la mayoría ocurre en la porción larga del bíceps femoral (BFlh) [50]. A pesar de la escasez de la evidencia, se ha sugerido que la longitud del fascículo del músculo isquiotibial puede influir en la probabilidad de una futura lesión de HSI [53,54], específicamente la BFlh. Un estudio previo [55] encontró que los fascículos de la BFlh eran más cortos en los músculos previamente lesionados en comparación con los músculos contralaterales no lesionados. Añadiendo peso a este concepto, Timmins y cols. [50] revelaron que los atletas que sufrieron una lesión HSI anterior poseían fascículos de la BFlh más cortos que sus contrapartes no lesionados y agregaron que los factores de riesgo no modificables, como la edad y la lesión anterior del isquiotibial, estaban negativamente influenciados por los fascículos de la BFlh más cortos sobre el riesgo de lesión HSI. Llegaron a la conclusión de que los fascículos de la BFlh cortos se asociaron con un mayor riesgo de lesión HSI en el futuro en jugadores de fútbol de élite. Anteriormente se pensaba que los fascículos más cortos, con menos sarcómeros en serie, eran más propensos a estirarse demasiado y dañarse por contracciones excéntricas severas, como las que se experimentan durante la fase de balanceo terminal de la carrera de sprint [53], pero esto todavía se debate en la investigación. Incluso si no está claro el mecanismo exacto de por qué la longitud más corta del fascículo aumenta el riesgo de lesión de HSI, comúnmente se considera que aumentar la longitud del fascículo, específicamente en la BFlh, es una cuestión que vale la pena. Anteriormente, el ejercicio nórdico de isquiotibiales era la herramienta más utilizada para esto [56], pero recientemente el FIT ha ganado interés como modalidad para mejorar la longitud del fascículo de la BFlh.

Dos estudios discutidos previamente [47,51] estaban en desacuerdo sobre el FIT para mejorar la fuerza excéntrica de los isquiotibiales, pero coincidieron en su capacidad para aumentar la longitud del fascículo de la BFlh. Timmins y cols. [47] encontraron aumentos tanto en un grupo de RDL con flywheel como en un grupo de NHE (RDL: $d = 1.99$, $p < 0.001$; NHE: $d = 1.73$, $p < 0.001$) en comparación con las evaluaciones previas a la intervención, y el grupo de RDL mostró un efecto ligeramente mayor. Esto puede deberse en parte a que los movimientos dominantes de la cadera, como en un RDL, reclutan preferentemente la BFlh en comparación con los dominantes de la rodilla [57]. Presland y cols. observaron que después de seis semanas de entrenamiento, los sujetos que realizaron la intervención con flywheel con sesgo excéntrico tuvieron un aumento significativo del 14±5 % ($p < 0.001$, $d = 1.98$) en la longitud del fascículo de la BFlh. Cabe señalar que estas adaptaciones disminuyeron después de un período de desentrenamiento de cuatro semanas, lo que resaltó que la continua carga excéntrica es esencial para el mantenimiento de las adaptaciones arquitectónicas después del entrenamiento de curl de piernas con flywheel. Se ha formulado la hipótesis [58] de que el alargamiento de los fascículos de la BFlh desempeña un papel en la eficacia de los programas de entrenamiento excéntrico para reducir el riesgo de lesión de HSI en el futuro. Si es correcto, entonces los estudios discutidos reflejan positivamente el FIT específico de los isquiotibiales como una modalidad para disminuir el riesgo de lesión de HSI al afectar positivamente la longitud del fascículo, específicamente de la BFlh.

Reducción del riesgo de lesiones de HSI mediante el FIT

El entrenamiento de fuerza se ha recomendado para prevenir la lesión de HSI durante muchos años [59] y constituye la base de la mayoría de los programas de prevención de lesiones que se utilizan en la actualidad. Askling y cols. [43] fueron los primeros en investigar si un programa de entrenamiento de la fuerza con flywheel, que enfatizaba la carga excéntrica mediante el ejercicio de curl de piernas, podría afectar la aparición y la gravedad de lesión de HSI. Durante la intervención de diez semanas, los jugadores de dos equipos de fútbol suecos de élite se distribuyeron aleatoriamente en dos grupos. Un grupo realizó un FIT específico para isquiotibiales (curl de piernas con flywheel), mientras que el grupo de control no lo hizo. Seis en el grupo de intervención y cuatro en el grupo de control informaron una lesión de HSI en la temporada anterior. Todas las lesiones se registraron durante el período de intervención, y se incluyó una lesión si ocurría durante un partido o sesión de entrenamiento y si un jugador se perdía al menos un partido o sesión de entrenamiento. Se informó un número significativamente menor (<0.05) de lesiones en el grupo de intervención. Los autores señalaron que los efectos positivos mostrados en el estudio defendían el uso de FIT específico para isquiotibiales en el fútbol de élite, pero no atribuyeron completamente el efecto preventivo sobre la HSI a la sobrecarga excéntrica derivada de FIT y sugirieron que

se necesitan más estudios longitudinales para recomendaciones más definitivas.

De Hoyo y cols. [44] nuevamente investigaron los efectos del entrenamiento de sobrecarga excéntrica con FIT en jugadores de fútbol de élite, pero esta vez en jugadores juveniles. Treinta y seis jugadores juveniles de nivel élite (SUB17-19) se dividieron en dos grupos (intervención versus control). El grupo de intervención realizó 1-2 sesiones de FIT semanalmente, incluido un ejercicio de media sentadilla con flywheel y curl de piernas. Ambos grupos realizaron el mismo volumen de partidos y sesiones de entrenamiento durante las diez semanas de intervención. El grupo de control no realizó ningún entrenamiento de fuerza durante toda la temporada. Se registró el número de sesiones de entrenamiento y partidos y el número de lesiones musculares por 1000 h de exposición (a partidos y entrenamientos). El estudio informó una reducción general de las lesiones después del entrenamiento. El estudio supervisó todas las lesiones, no sólo las de los isquiotibiales. Este hecho debe tenerse en cuenta a la hora de difundir los resultados. Teniendo en cuenta que el protocolo incluía un ejercicio de sentadilla con flywheel, no se puede determinar qué papel jugó el ejercicio específico de los isquiotibiales (flexión de piernas) en los resultados positivos. Sin embargo, se puede acordar que el FIT en general, independientemente del ejercicio, puede incorporarse a las estrategias de reducción de lesiones.

Pautas prácticas y discusión

- Para maximizar los beneficios del FIT, se recomienda realizar primero varias sesiones de familiarización. Se recomiendan de dos a cuatro sesiones de familiarización para obtener una medida estable. Los ejercicios menos complejos, como el curl de piernas con flywheel, pueden requerir períodos de familiarización más cortos en comparación con los ejercicios más complejos, y los atletas más experimentados pueden requerir períodos de familiarización más cortos que los atletas principiantes.
- Las cargas inerciales más bajas (0.025 kg·m2) conducen a potencias pico concéntricas y excéntricas máximas más altas, mientras que las cargas medias a más altas (0.050, 0.075 y 0.100 kg·m2) conducen a una sobrecarga excéntrica más alta.
- Aunque no hay investigaciones disponibles específicas para los isquiotibiales, las investigaciones sobre sentadillas con flywheel sugieren que se aconseja un rango de cinco a 12 repeticiones para mantener la potencia dependiendo de la carga inercial. Se justifican de tres a cuatro repeticiones para acelerar el flywheel al comienzo de la serie, para llegar al máximo esfuerzo, y deben considerarse repeticiones inútiles y no contarse como repeticiones de trabajo. Debido a la gran variabilidad de sujetos en el FIT, es esencial individualizar la prescripción del volumen de entrenamiento.
- Se ha demostrado que tanto el curl de piernas con flywheel como el RDL aumentan la fuerza excéntrica de los isquiotibiales en atletas de élite, pero se necesita más investigación antes de poder llegar a una conclusión definitiva.
- Se ha demostrado que el FIT específico para isquiotibiales aumenta la longitud del fascículo, específicamente en la BFlh. Por lo tanto, esta adaptación arquitectónica podría ayudar a reducir el riesgo de futuras lesiones de HSI.
- La técnica más efectiva para lograr una sobrecarga excéntrica consiste en resistir suavemente la fuerza de inercia durante el primer tercio de la acción excéntrica y luego ejercer una acción de frenado de esfuerzo total para desacelerar el flywheel giratorio y detenerlo en el rango final de movimiento.
- Se ha demostrado que el curl de piernas con flywheel afecta positivamente la reducción de lesiones en jugadores de fútbol de élite, pero se justifican más estudios longitudinales. También puede ser interesante investigar otros ejercicios específicos de isquiotibiales en el FIT como el RDL como técnicas de prevención de lesiones.

En general, el FIT específico para isquiotibiales tiene adaptaciones positivas en la fuerza de los isquiotibiales y otros factores de riesgo de lesión de HSI modificables, como la longitud del fascículo. Cabe destacar que hubo una escasez de investigaciones sobre estos temas accesibles para su revisión, y este hecho debe ser considerado al procesar estas conclusiones. Para obtener el estímulo deseado del FIT, también se deben considerar sus determinantes. Esta revisión destaca que la familiarización del atleta y la carga inercial pueden influir en las adaptaciones del FIT y deben monitorearse cuidadosamente. Aunque hay investigaciones positivas disponibles con respecto a la prescripción de volumen y la variedad de los ejercicios, se justifica aún más para investigar diferentes ejercicios específicos de isquiotibiales durante períodos de intervención prolongados. Esta revisión narrativa no pretende ser una guía definitiva para el FIT, pero puede ayudar a los profesionales a implementar las mejores prácticas mientras usan este método para mejorar la fuerza de los isquiotibiales.

Financiación
Este proyecto fue financiado por el Instituto de Tecnología Carlow, Presidents Fellowship Fund. Número de financiación: 232530.

Declaración de consentimiento informado
Se obtuvo el consentimiento informado de todos los sujetos involucrados en el estudio.

Declaración de disponibilidad de datos

Los datos estarán disponibles previa solicitud razonable al autor correspondiente.

Conflictos de interés
Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS

1. Para ver las referencias bibliográficas remitirse al artículo original (The Efficacy of Flywheel Inertia Training to Enhance Hamstring Strength). https://doi.org/10.3390/jfmk7010014.

Cita Original

The Efficacy of Flywheel Inertia Training to Enhance Hamstring Strength. Joey O' Brien, Declan Browne, Des Earls, Clare Lodge. J. Funct. Morphol. Kinesiol. 2022, 7(1), 14; https://doi.org/10.3390/jfmk7010014