

Article

Fatiga Específica del Fútbol y Fuerza Muscular Excéntrica de los Isquiotibiales

Soccer-Specific Fatigue and Eccentric Hamstrings Muscle Strength

Matt Greig¹ y Jason Siegler²

¹The Football Association, Shropshire. United Kingdom..

²University of Hull, Hull, United Kingdom. Dr Greig is now at Edge Hill University, Lancashire. United Kingdom..

RESUMEN

Contexto: Los hallazgos epidemiológicos de una mayor incidencia de contracturas en los músculos isquiotibiales hacia el final de un partido de fútbol han sido atribuidos a la fatiga. **Objetivo:** investigar la influencia de la fatiga específica del fútbol sobre el torque pico excéntrico de los músculos flexores de la rodilla. **Diseño:** Estudio descriptivo de laboratorio. **Lugar:** Ambiente controlado de laboratorio. **Pacientes u Otros Participantes:** Diez jugadores profesionales de fútbol (edad = 24.7 ± 4.4 años, masa = 77.1 ± 8.3 kg, $VO_{2max} = 63.0 \pm 4.8$ mL·min⁻¹·min⁻¹). **Intervención:** Los participantes completaron un protocolo intermitente en tapiz rodante que replicaba el perfil de actividad de un partido de fútbol, con un intervalo medio de recuperación pasiva que simuló el entretiempo. Antes del ejercicio y a intervalos de 15 minutos, cada jugador completó pruebas en un dinamómetro isocinético. **Mediciones Principales:** El torque excéntrico pico de los flexores de la rodilla fue cuantificado a velocidades isocinéticas de 180°·s⁻¹, 300°·s⁻¹, y 60°·s⁻¹, completando 5 repeticiones con cada velocidad. **Resultados:** El torque excéntrico pico de los flexores de la rodilla al final de la prueba en tapiz rodante (T300eccH105 = 127 ± 25 Nm) y al final del período de recuperación pasiva que simuló el entretiempo (T300eccH60 = 133 ± 32 Nm) se redujo en comparación con T300eccH00 (167 ± 35 Nm, $p < 0.01$) y T300eccH15 (161 ± 35 Nm, $p = 0.02$). **Conclusiones:** La fuerza excéntrica de los músculos isquiotibiales se redujo en función del tiempo y luego de la recuperación que simuló el entretiempo. Estos hallazgos indican un mayor riesgo de lesión en estos momentos específicos, especialmente para movimientos explosivos, lo que concuerda con las observaciones epidemiológicas. La incorporación de ejercicios excéntricos para los flexores de la rodilla a un programa de entrenamiento con sobrecarga luego del acondicionamiento específico del fútbol podría reducir la incidencia o recurrencia de contracturas isquiotibiales.

Palabras Clave: lesiones deportivas, actividad isocinética

ABSTRACT

Context: Epidemiologic findings of higher incidences of hamstrings muscle strains during the latter stages of soccer match play have been attributed to fatigue. **Objective:** To investigate the influence of soccer-specific fatigue on the peak eccentric torque of the knee flexor muscles. **Design:** Descriptive laboratory study. **Setting:** Controlled laboratory environment. **Patients or Other Participants:** Ten male professional soccer players (age = 24.7 ± 4.4 years, mass = 77.1 ± 8.3 kg, $VO_{2max} = 63.0 \pm 4.8$ mL·kg⁻¹·min⁻¹). **Intervention(s):** Participants completed an intermittent treadmill protocol replicating the activity profile of soccer match play, with a passive halftime interval. Before exercise and at 15-minute

intervals, each player completed isokinetic dynamometer trials. Main Outcome Measure(s): Peak eccentric knee flexor torque was quantified at isokinetic speeds of $180^{\circ}\cdot s^{-1}$, $300^{\circ}\cdot s^{-1}$, and $60^{\circ}\cdot s^{-1}$, with 5 repetitions at each speed. Results: Peak eccentric knee flexor torque at the end of the game ($T300eccH105 = 127 \pm 25$ Nm) and at the end of the passive halftime interval ($T300eccH60 = 133 \pm 32$ Nm) was reduced relative to $T300eccH00$ (167 ± 35 Nm, $P < .01$) and $T300eccH15$ (161 ± 35 Nm, $P = .02$). Conclusions: Eccentric hamstrings strength decreased as a function of time and after the halftime interval. This finding indicates a greater risk of injuries at these specific times, especially for explosive movements, in accordance with epidemiologic observations. Incorporating eccentric knee flexor exercises into resistance training sessions that follow soccer-specific conditioning is warranted to try to reduce the incidence or recurrence of hamstrings strains.

Keywords: athletic injuries, isokinetic activity

INTRODUCCIÓN

Las contracturas de los músculos isquiotibiales son lesiones frecuentes en jugadores profesionales de fútbol (1-4). En un estudio epidemiológico llevado a cabo con jugadores profesionales de fútbol ingleses, se observó que el muslo era el sitio más prevalente de lesiones, con el 81% de las lesiones del muslo clasificadas como contracturas musculares (2). En la Liga Profesional de los Estados Unidos (US Major League Soccer), las contracturas isquiotibiales durante los partidos de fútbol y sesiones de entrenamiento dieron cuenta del 42% de todas las lesiones (4). Un factor de riesgo etiológico comúnmente atribuido a la alta incidencia de contracturas en los músculos del muslo es la falta de fuerza muscular excéntrica (5, 6). El patrón temporal de lesiones durante un partido de fútbol también indica que la fatiga podría ser un factor a considerar (2). En jugadores de fútbol profesionales ingleses, el 47% de las contracturas isquiotibiales que se produjeron durante los partidos tuvieron lugar durante los 15 minutos finales de cada tiempo (3). La fatiga asociada con un partido de fútbol es específica de las características del perfil de actividad. El fútbol tiene un perfil de actividad irregular e intermitente (7-10) y, por lo tanto, cuando se considera la fatiga específica del fútbol, se debería considerar tanto la carga fisiológica como la carga mecánica. Los protocolos de fatiga específica del fútbol, basados en el perfil de actividad de un partido (7, 11) se han evaluado previamente (12) en relación con la duración de los períodos de ejercicio y; por lo tanto, de la frecuencia de los cambios en la velocidad. Este esfuerzo contrasta con intentos previos de replicar las demandas del fútbol utilizando protocolos de carrera libre en tapiz rodante, los cuales solo han evaluado la respuestas fisiológica (13, 14).

El objetivo del presente estudio fue cuantificar la influencia temporal de la fatiga específica del fútbol sobre los cambios en el torque pico isocinético excéntrico de los flexores de la rodilla. Si la fuerza excéntrica de los isquiotibiales se ve desmejorada como resultado de la fatiga, entonces es probable que se incremente el riesgo de sufrir una contractura isquiotibial. Por esta razón hemos evaluado un rango de velocidades que representen los diferentes estímulos de un partido de fútbol para determinar si los efectos de la fatiga fueron dependientes de la velocidad.

MÉTODOS

Sujetos

Diez jugadores profesionales de fútbol (edad = 24.7 ± 4.4 años, masa = 77.1 ± 8.3 kg, $VO_{2max} = 63.0 \pm 4.8$ mL $\cdot$ min $^{-1}$ ·min $^{-1}$) participaron del presente estudio. Todos los sujetos dieron su consentimiento informado de acuerdo con los procedimientos éticos y del departamento y la Universidad, y siguiendo los principios señalados en la Declaración de Helsinki.

Diseño Experimental

Los jugadores fueron evaluados a las 1500 horas de acuerdo con el horario regular de juego y para considerar los efectos de la variación circadiana (15), completando un protocolo intermitente en tapiz rodante (model LOKO S55; Woodway GmbH, Steinackerstraße, Germany) para replicar el perfil de actividad de un partido de fútbol (12).

El protocolo intermitente específico del fútbol se basó en el análisis notacional que categoriza 8 modos de actividad (11). El perfil de actividad intermitente de 15 minutos se muestra en la Figura 1, y esta serie de ejercicio fue completada 6 veces a lo largo de 90 min, con un período de recuperación pasiva de 15 minutos que simuló el entretiempo. La máxima

aceleración del tapiz rodante $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ fue utilizada para la transición entre todos los modos de ejercicio, excepto para la transición entre la caminata y el estado estacionario (o viceversa) para lo cual se utilizó una aceleración de $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Se utilizó una inclinación constante de 2% para simular el costo energético de la carrera en el campo (16). El perfil de actividad resultó en una distancia cubierta de 1.62 km, para una distancia total de 9.72 km, lo cual es ligeramente menor que la distancia promedio cubierta durante un partido (Figura 1) (7).

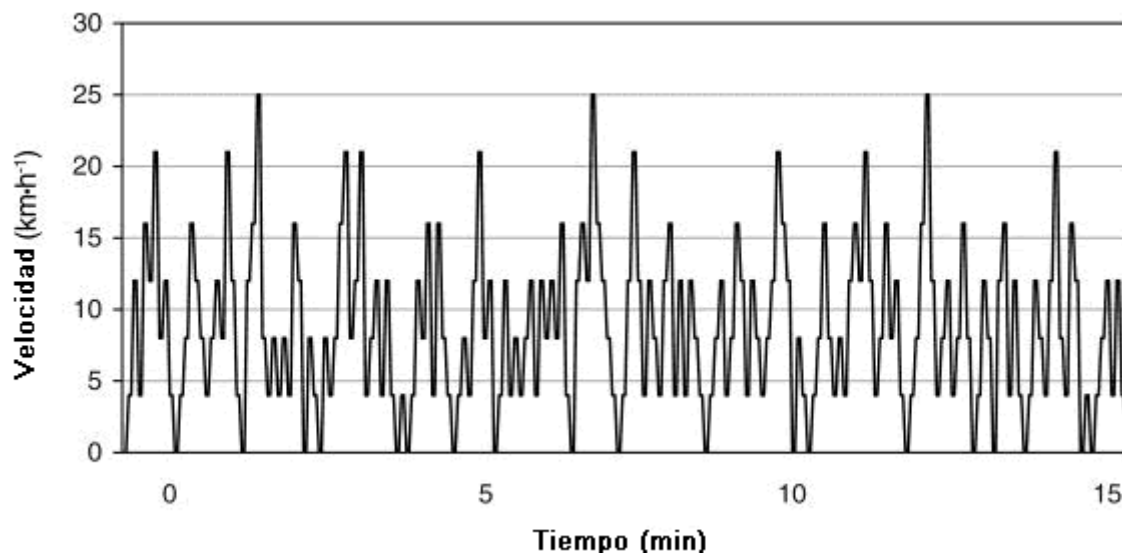


Figura 1. Protocolo de ejercicio intermitente específico del fútbol realizado en tapiz rodante.

Antes del ejercicio y a intervalos de 15 minutos, cada jugador completó un protocolo isocinético en un dinamómetro isocinético (System 3; Biodex Medical Systems, Shirley, NY). Cada jugador volvió a repetir el mismo protocolo en cada intervalo de tiempo (i.e., el protocolo no fue cambiado ni contrabalanceado entre los participantes). El torque pico excéntrico de los flexores de la rodilla fue cuantificado a velocidades isocinéticas de $180^{\circ}\cdot\text{s}^{-1}$, $300^{\circ}\cdot\text{s}^{-1}$, y $60^{\circ}\cdot\text{s}^{-1}$. Este orden de evaluación, aunque contrario a la recomendación de progresar desde una velocidad baja a una velocidad mayor (17), se basó en la observación realizada durante las pruebas de familiarización de que el incremento progresivo en la velocidad fue percibido por los jugadores como un proceso de acomodación, dándole una mayor importancia a las pruebas posteriores. En el presente estudio se utilizó un rango de velocidades que representen los diversos estímulos que se presentan en un partido de fútbol (e.g., pasar de caminar a realizar un esprint y patear el balón), y para determinar si cualquier efecto de la fatiga dependía de la velocidad.

Los sujetos realizaron cinco repeticiones en cada velocidad con la pierna dominante (definida como la pierna con la los sujetos preferían patear) con un período de recuperación de 30 segundos entre las series. Se requirió que cada repetición se lleve a cabo mediante una contracción máxima a través de todo el rango de movimiento. La comunicación durante la evaluación se restringió para asegurar que los participantes fueran conscientes de la velocidad de evaluación a seguir, y no se proveyó retroalimentación visual respecto del rendimiento.

Todos los jugadores realizaron un mínimo de 3 pruebas de familiarización, con cada una de las velocidades, en el dinamómetro. El dinamómetro fue modificado para adaptarse a cada participante, siguiendo las indicaciones de los fabricantes, y esta modificación se mantuvo para todo el protocolo de ejercicio. El eje de la manivela del dinamómetro fue alineado con el eje de rotación de la rodilla, colocando la almohadilla del brazo de palanca del dinamómetro a aproximadamente a unos 5 cm del maléolo proximal del tobillo. Se utilizaron correas para asegurar el muslo de los sujetos, en la proximidad de la articulación de la rodilla para no restringir el movimiento, así como también al nivel del pecho. El rango de movimiento utilizado para las evaluaciones fue desde la extensión total hasta los 90° de flexión.

Análisis Estadísticos

El torque pico corregido por la gravedad con cada velocidad de evaluación fue calculado como el torque pico medio producido en las 5 repeticiones. En los análisis solo se incluyeron los datos de los torques obtenidos durante las fases

isocinéticas del movimiento. La confiabilidad test-retest del torque pico fue determinada durante las pruebas de familiarización. El coeficiente de correlación intra-clase para cada velocidad fue de 0.76 y 0.78, reflejando una buena confiabilidad (18).

Los índices del torque pico a cada velocidad y el cociente rápido/lento fueron determinados a intervalos de 15 min a lo largo del protocolo de ejercicio. Se utilizó el análisis de varianza de dos vías para medidas repetidas para investigar la influencia temporal de la duración del ejercicio sobre cada factor. Las diferencias entre medias fueron identificadas utilizando tests post hoc de la diferencia de los cuadrados mínimos. Todos los resultados se reportan como medias $\pm$ DE, con un nivel de significancia establecido a $p \leq 0.05$. Todos los tests estadísticos fueron realizados con el software SPSS (versión 10; SPSS Inc, Chicago, IL).

RESULTADOS

A $60^\circ \cdot s^{-1}$, no se observó un efecto principal del tiempo ($p > 0.05$), aunque el torque pico al final del protocolo de ejercicio ($T_{60105} = 118 \pm 23$ Nm) se redujo en relación con los primeros 30 minutos de ejercicio ($T_{6000} = 144 \pm 34$ Nm; $p = 0.08$; $T_{6015} = 144 \pm 38$ Nm; $p = 0.08$; $T_{6030} = 145 \pm 38$ Nm; $p = 0.07$) (Figura 2). A $180^\circ \cdot s^{-1}$, se observó un patrón temporal similar, con T_{180105} (125 ± 21 Nm) menor que T_{18000} (154 ± 37 Nm; $p = 0.05$) y T_{18015} (159 ± 38 Nm; $p = 0.02$).

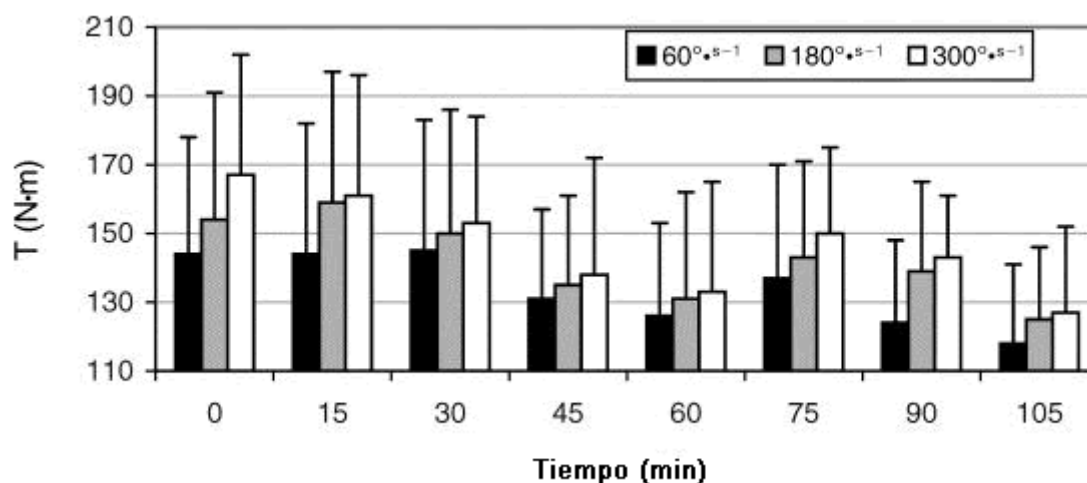


Figura 2. Curso temporal del torque excéntrico pico de los isquiotibiales (T) durante el protocolo intermitente específico del fútbol.

Se observó un efecto principal para el tiempo a $300^\circ \cdot s^{-1}$ ya que, a lo largo de cada mitad, el torque pico excéntrico generalmente se redujo en función de la duración del ejercicio, siendo T_{300105} (127 ± 25 Nm) menor que T_{30000} (167 ± 35 Nm; $p < 0.01$) y T_{30015} (161 ± 35 Nm; $p = 0.02$). El patrón temporal del efecto de la fatiga fue más evidente a esta velocidad de evaluación, observándose también una reducción en el torque pico hacia el final de la primera mitad ($T_{30045} = 138 \pm 34$ Nm; $p = 0.04$) y en la primera parte de la segunda mitad, siendo T_{30090} (143 ± 18 Nm) relativamente menor ($p = 0.09$) que los valores pre-ejercicio. Además del efecto de la fatiga, el patrón temporal del cambio en el torque pico excéntrico también indicó una influencia potencialmente negativa del período de recuperación pasiva que simuló el entretiempo. A las velocidades de evaluación de $180^\circ \cdot s^{-1}$ y $300^\circ \cdot s^{-1}$, el torque pico luego del período de recuperación pasiva se redujo significativamente ($p < 0.02$; Figura 2) en relación con los valores registrados hacia el final de la primera mitad.

DISCUSIÓN

El objetivo de nuestro estudio fue investigar los cambios temporales en la fuerza excéntrica pico de los isquiotibiales durante un partido simulado, dadas las observaciones epidemiológicas de un incremento en la incidencia de contracturas isquiotibiales durante las etapas finales de un partido (3). La comparación directa con estudios previos es difícil ya que el efecto de la fatiga es específico del protocolo de ejercicio, y los estudios previos han fallado en representar el perfil de actividad intermitente de un partido de fútbol (13, 14).

En el presente estudio se utilizó un protocolo que considera las demandas mecánicas características de la carrera intermitente en el fútbol, replicando la corta duración de los períodos de ejercicio, y proveyendo subsiguientemente una frecuencia válida de cambio de velocidad. El protocolo también permitió una comprensión más detallada del patrón temporal de cualquier efecto de la fatiga. Si bien, estudios previos han considerado los cambios entre pre y post ejercicio (19), nosotros cuantificamos los cambios en la fuerza excéntrica pico de los isquiotibiales a intervalos de 15 minutos a lo largo de un partido simulado. Este patrón temporal nos permitió considerar paralelamente los datos de la incidencia de lesiones (2, 3).

El torque pico excéntrico generalmente se redujo en función de la duración del ejercicio a lo largo de cada mitad. El efecto de la fatiga fue dependiente de la velocidad, siendo mayor la influencia de la duración del ejercicio sobre la reducción del torque pico en las mayores velocidades de evaluación. El curso temporal de los cambios en la fuerza excéntrica de los isquiotibiales respalda los datos epidemiológicos (3) que indican que las contracturas isquiotibiales se producen más probablemente hacia las etapas finales de un partido. La influencia de la velocidad de evaluación sobre el patrón temporal de cambio indica que el riesgo de sufrir una contractura muscular se incrementa durante acciones explosivas tales como los sprints, y esto podría ser crucial durante la última fase de la propulsión (20).

Es importante considerar el mecanismo que apuntala el patrón temporal de cambio en la fuerza excéntrica de los isquiotibiales. Utilizando el mismo protocolo de ejercicio y los mismos jugadores profesionales, se ha observado que la actividad electromiográfica del músculo bíceps femoral se incrementó hacia la parte final de cada mitad (12). Se debería señalar que la velocidad de carrera es dictada por el tapiz rodante y, como tal, este hallazgo indica que se requiere una mayor contribución muscular para mantener el mismo nivel de rendimiento.

La declinación observada en la fuerza excéntrica de los isquiotibiales puede, por lo tanto, ser atribuida a la mayor contribución de los isquiotibiales para controlar la mecánica de la carrera intermitente. Además, debido a que se ha observado que el sprint es un mecanismo principal de lesión (2), la frecuencia de los cambios de velocidad pondrá mayor énfasis en las fases de aceleración y desaceleración del ciclo de la carrera. El incremento en la contribución del músculo bíceps femoral para el mantenimiento de la mecánica de carrera durante el protocolo intermitente conjuntamente con la reducción en la fuerza excéntrica pico podría incrementar adicionalmente el riesgo de lesión.

Si bien nuestro objetivo principal fue valorar la influencia de la fatiga sobre la fuerza excéntrica de los isquiotibiales, una observación interesante fue la influencia negativa del período de recuperación pasiva que simuló el entretiempo de un partido de fútbol. Durante este período, los jugadores se mantuvieron sentados lo cual refleja el comportamiento característico durante la competencia y no pudieron recuperar la fuerza excéntrica hasta los valores pre-ejercicio, es decir, no pudieron deshacerse del efecto de la fatiga impuesto durante la primera mitad. El torque pico luego de la primera mitad fue menor que al comienzo de la primera mitad a todas las velocidades de evaluación y alcanzó significancia estadística con las velocidades más altas. Este hallazgo indica que se debería considerar la realización de una estrategia de “re-entrada en calor” durante el período del entretiempo ya que, como se ha observado recientemente (21) podría complementar los beneficios fisiológicos asociados con la actividad antes del segundo tiempo. Además, una re-entrada en calor activa podría reducir el riesgo de lesión observado en los primeros minutos del segundo tiempo (3).

Relevancia Clínica

Nuestro estudio provee datos informativos para el practicante, destacando no solo la susceptibilidad de la fuerza excéntrica isquiotibial a la fatiga sino también la influencia impuesta por la velocidad de movimiento. Se sabe que el entrenamiento de la fuerza es un componente fundamental de un programa genérico de acondicionamiento para futbolistas profesionales. Sin embargo, el entrenamiento de la fuerza y la velocidad tiende a ser realizado con los sujetos completamente descansados. Dichas prácticas pueden no proveer el mejor modo de intervención para reducir la incidencia de lesiones observada hacia el final de los partidos. La resistencia a la fatiga y la fuerza excéntrica, particularmente a altas velocidades (ya que como señalamos, la mayor reducción de la fuerza se produjo con la velocidad de 300^o-s-1) debería ser de mayor consideración para el acondicionamiento de jugadores de fútbol.

La fatiga excéntrica, nuevamente a altas velocidades, debería ser una consideración para la evaluación funcional de

jugadores que retornan a la competencia luego de una lesión. Hagglund et al (22) realizaron el seguimiento de un grupo de jugadores de fútbol de elite durante un período de 2 años y documentaron que los atletas que retornaban a la competencia luego de una lesión en los isquiotibiales tenían una probabilidad 3 veces mayor de experimentar una lesión idéntica en la siguiente temporada (22). Otros investigadores (1, 5, 23, 24), utilizando un enfoque prospectivo, han observado una reducción en la tasa de lesión isquiotibial luego de la implementación de programas de intervención multimodales. El objetivo principal de los ejercicios con sobrecarga debería ser imponer una incrementada demanda excéntrica sobre los flexores de la rodilla y, luego de alcanzar un nivel de fuerza suficiente, incorporar el componente de velocidad (i.e., potencia y resistencia) a la progresión (23, 24). Los ejercicios específicos tales como el curl nórdico, que requiere que el individuo resista al movimiento de caída hacia adelante mediante el uso de la musculatura isquiotibial (5) podrían inducir una carga neuromuscular casi máxima durante la fase excéntrica de la contracción. Además, la realización de estos ejercicios luego de una serie de juegos en espacios reducidos podría maximizar la aplicación práctica de la fatiga específica del fútbol, ya que se ha mostrado que este tipo de entrenamiento conjuga la fatiga relacionada con el juego y los patrones de movimiento específicos del fútbol (25).

Recomendaciones para Futuras Investigaciones

El pequeño número de participantes en el presente estudio limita la generalización global de nuestros hallazgos. Sin embargo, esta limitación es temperada por la inclusión de jugadores profesionales. El pequeño número de voluntarios refleja nuestro criterio ético de exclusión con respecto a la historia de lesiones. Nosotros consideramos crítico estudiar a jugadores profesionales, ya que esto sería específico de los datos epidemiológicos de lesiones y de los análisis notacionales sobre los que se basó el protocolo de ejercicio. Los estudios futuros deberían considerar investigar los efectos del sexo y la edad en poblaciones de jugadores de élite.

Con respecto al análisis de los datos, los investigadores que utilicen protocolos específicos del fútbol para inducir fatiga podrían considerar el ángulo en el cual se alcanza el torque pico y, con mayor detalle, el patrón temporal de la curva de torque ya que existen estudios (26) que han mostrado discrepancias entre los ángulos durante ejercicios de pedaleo a una sola pierna. La relevancia del torque pico en relación con los datos de la incidencia de lesiones debería ser tratada con precaución. Los autores podrían considerar la relación entre los cambios observados en la fuerza excéntrica isquiotibial y las tareas funcionales asociadas a los mecanismos primarios de lesión en el fútbol, tales como los esprints y los cambios de dirección. Tanto el protocolo de ejercicio como la tarea funcional deberían ser específicos de las demandas del juego. Los protocolos realizados en tapiz rodante se ven inherentemente limitados por la naturaleza lineal de la locomoción; sin embargo, la frecuencia de los cambios de velocidad inducidos en nuestro estudio resultó en una desviación considerable del patrón de zancada lineal. Los protocolos de carrera libre tienen el mérito de replicar la naturaleza multidireccional de la actividad en el fútbol, pero presentan la dificultad de replicar y estandarizar el perfil de actividad. En el presente estudio, la tarea isocinética se realizó en un único plano; no obstante, para incluir tareas más funcionales como los cambios de dirección, un protocolo de carrera libre multidireccional podría haber sido más apropiado. Dichos aspectos asociados con el diseño y que tienen que ver con el desarrollo de un protocolo de ejercicio para estudios de investigación podrían también ser considerados por los practicantes que enfrentan el dilema de determinar si un jugador está listo o no para volver a la competencia.

CONCLUSIONES

El torque pico excéntrico de los isquiotibiales se deterioró en función de la duración del ejercicio a lo largo del partido simulado y del intervalo de recuperación pasiva que simuló el entretiempo. El patrón temporal de los cambios en la fuerza excéntrica de los isquiotibiales respalda los datos epidemiológicos de lesiones indicando que existe un mayor riesgo de lesión hacia los últimos momentos de un partido y al comienzo del segundo tiempo. El mayor riesgo de lesión en los jugadores fatigados durante movimientos explosivos tales como los esprints es consistente con el incrementado efecto de la fatiga.

La función de la musculatura isquiotibial es tal que, el jugador fatigado puede volverse más susceptible a las contracturas musculares y la desmejora de la estabilidad articular. Los entrenadores y el personal médico deberían asegurar que los jugadores hayan realizado una buena entrada en calor antes del comienzo del segundo tiempo y que la fuerza excéntrica de los isquiotibiales se haya desarrollado apropiadamente para resistir a la fatiga. La incorporación de ejercicios excéntricos para los isquiotibiales durante el período transitorio y durante la pretemporada reduce la incidencia de contracturas musculares (23, 24) y puede ser especialmente importante si el atleta tiene historia de lesiones. Por último, la evaluación y re-evaluación consistente de la fuerza excéntrica y la potencia funcional (e.g., el índice de fuerza funcional entre los cuádriceps y los isquiotibiales) puede proveer información crítica acerca de la efectividad de la intervención y de cualquier relación potencial con la incidencia de lesiones en la musculatura isquiotibial.

Puntos Clave

- El torque pico excéntrico de los isquiotibiales se reduce durante un partido y luego del entretiempo.
- Los jugadores fatigados podrían ser más susceptibles a las contracturas y lesiones articulares.
- El desarrollo de la fuerza excéntrica y la resistencia de los isquiotibiales así como una apropiada re-entrada en calor podría ayudar a reducir el riesgo de lesión.

REFERENCIAS

1. Junge A, Dvorak J, Graf-Baumann T, Peterson L (2004). Football injuries during FIFA tournaments and the Olympic Games, 1998–2001: development and implementation of an injury-reporting system. *Am J Sports Med*; 32(1 suppl):80S–89S
2. Hawkins R.D, Hulse M.A, Wilkinson C, Hodson A, Gibson M (2001). The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football. *Br J Sports Med*; 35(1):43–47
3. Woods C, Hawkins R.D, Maltby S, Hulse M, Thomas A, Hodson A (2004). The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football. Analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med*; 38(1):36–41
4. Morgan B.E, Oberlander M.A (2001). An examination of injuries in major league soccer: the inaugural season. *Am J Sports Med*; 29(5):426–430
5. Mjolsnes R, Arnason A, Osthaugen T, Raastad T, Bahr R (2004). A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scand J Med Sci Sports*; 14(5):311–317
6. Croisier J.L, Forthomme B, Namurois M.H, Vanderthommen M, Crielaard J.M (2002). Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *Am J Sports Med*; 30(2):199–203
7. Bangsbo J. (1994). The physiology of soccer—with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand Suppl*; 619:1–155
8. Reilly T (1994). Physiological aspects of soccer. *Biol Sport*; 11:3–20
9. Reilly T (1996). Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *J Sports Sci*; 15(3):257–263
10. Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci*; 21(7):519–528
11. Bangsbo J (1994). Fitness Training in Football: A Scientific Approach. Vol. *Bagsvaerd, Denmark: HO Storm*; pp. 58–62
12. Greig M.P, McNaughton L.R, Lovell R.J (2006). Physiological and mechanical response to soccer-specific intermittent activity and steady-state activity. *Res Sports Med*; 14(1):29–52
13. Drust B, Reilly T, Cable N.T (2000). Physiological responses to laboratory-based soccer-specific intermittent and continuous exercise. *J Sports Sci*; 18(11):885–892
14. Nicholas C.W, Nuttall F.E, Williams C (2000). The Loughborough Intermittent Shuttle Test: a field test that simulates the activity pattern of soccer. *J Sports Sci*; 18(2):97–104
15. Reilly T, Brooks G.A (1986). Exercise and the circadian variation in body temperature measures. *Int J Sports Med*; 7(6):358–362
16. Jones A.M, Doust J.H (1996). A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. *J Sports Sci*; 14(4):321–327
17. Wilhite M, Cohen E.R, Wilhite S.C (1992). Reliability of concentric and eccentric measurements of quadriceps performance using KIN-COM dynamometer: the effect of testing order for three different speeds. *J Orthop Sports Phys Ther*; 15(4):175–182
18. Portney L, Watkins M.P (1983). Foundations of Clinical Research: Applications to Practice. CT: *Appleton & Lange*; p
19. Rahnama N, Reilly T, Lees A, Graham-Smith P (2003). Muscle fatigue induced by exercise simulating the work rate of competitive soccer. *J Sports Sci*; 21(11):933–942
20. Clanton T.O, Coupe K.J (1998). Hamstring strains in athletes: diagnosis and treatment. *J Am Acad Orthop Surg*; 6(4):237–248
21. Lovell R.J, Kirke I, Siegler J, McNaughton L.R, Greig M.P (2007). Soccer half-time strategy influences thermoregulation and endurance performance. *J Sports Med Phys Fitness*; 47(3):263–269
22. Hagglund M, Walden M, Ekstrand J (2006). Previous injury as a risk factor for injury in elite football: a prospective study over two consecutive seasons. *Br J Sports Med*; 40(9):767–772
23. Askling C, Karlsson J, Thorstensson A (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scand J Med Sci Sports*; 13(4):244–250
24. Arnason A, Andersen T.E, Holme I, Engebretsen L, Bahr R (2008). Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scand J Med Sci Sports*; 18(1):40–49
25. Rampinini E, Impellizzeri F.M, Castagna C, et al (2007). Factors influencing physiological responses to small-sided soccer games. *J Sports Sci*; 25(6):659–666
26. Mercer T.H, Gleeson N.P, Wren K (2003). Influence of prolonged intermittent high-intensity exercise on knee flexor strength in male and female soccer players. *Eur J Appl Physiol*; 89(5):506–508
27. Aagaard P, Simonsen E.B, Magnusson S.P, Larsson B, Dyhre-Poulsen P (1998). A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength ratio. *Am J Sports Med*; 26(2):231–237