2.1 Prevención de lesiones de musculares más frecuentes

2.1.1 Características biomecánicas de los isquiotibiales

Las lesiones musculares de distinta gravedad sobre los isquiotibiales son muy frecuentes en deportes en donde el sprint, en especial en situaciones no programadas (cambios de dirección bruscos o con tomas de decisión), se presenta en volúmenes altos. Estas son características innegables de deportes como el fútbol, rugby (especialmente los backs) o básquet, por lo que no es de extrañar que las lesiones sobre este grupo muscular resulten actualmente un aspecto preocupante en relación a la salud de nuestros deportistas y generen más de un dolor de cabeza en muchos ámbitos competitivos de diferentes niveles.

Tomando como ejemplo el fútbol, y si analizamos resumidamente su desarrollo epidemiológico, las lesiones de los músculos de la región posterior del muslo aparecen dentro del grupo de las más prevalentes y con mayor incidencia en muchos trabajos publicados en este sentido [Véanse Hawkins y Fuller (1999); Hawkins, Hulse, Wilkinson, Hodson y Gibson (2001); Arnason, et al. (2004); Junge, Dvorak y Graf-Baumann (2004); Woods et al. (2004), Dupont et al. (2010), Ekstrand, Hagglund y Walden (2011 b), Stubbe et al. (2014)].

Este hecho nos coloca en la necesidad de analizar cuál es el principal mecanismo asociado a esta lesión, ya que de este análisis podrán surgir las acciones más indicadas para su prevención.

Características biomecánicas de los isquiotibiales

Intentaremos resumir aquí brevemente las características biomecánicas de este grupo muscular para poder luego, entender mejor el análisis del mecanismo de esta lesión.

Lo primero que debemos decir de este grupo muscular es que, en principio, es biarticular, es decir, transcurre a través de dos núcleos articulares: la cadera y la rodilla, teniendo asignadas funciones opuestas en cada núcleo. Esto implica que este grupo, en su acción concéntrica, se comporta como extensor de la cadera auxiliando al glúteo (esta sinergia es importante en el desarrollo de la técnica correcta de carrera) y flexor de la rodilla.

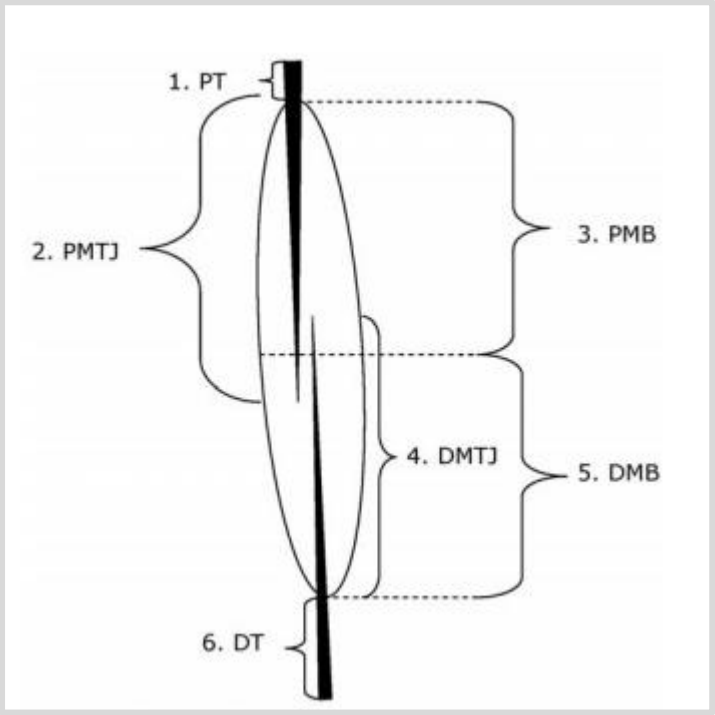
En cuanto a su arquitectura, en principio hay dos aspectos para prestar atención: su arquitectura *per se* y la forma, es decir, penada. En cuanto a su arquitectura, podemos decir que son músculos con una gran longitud de la fibras musculares (porción corta del bíceps femoral (BF), 85.3 +/ - 5.0 mm, porción larga BF 139 + /- 3.5 y semitendinoso 158 +/ - 2, con un promedio para el conjunto de los isquiotibiales de 107 mm). Esto representa una tendencia a presentar un gran número de sarcómeros en series y una relación fibra muscular/longitud del músculo media-alta, los que los coloca en situación de ser músculos con una gran velocidad de acortamiento y mayor excursión e influencia sobre una articulación. Por ende, en este grupo muscular, los sarcómeros en serie (longitud de la fibra) serán determinantes en la función (Lieber, 2002).

Ahora, si analizamos conjuntamente la relación longitud de la fibra/longitud muscular y otro parámetro mecánico determinante como es el área de sección transversal fisiológica (PCSA), este grupo muscular se encuentra dividido, siendo: el semitendinoso un músculo de gran longitud de fibra pero baja PCSA (debido a un bajo ángulo de penación de 5°), por lo que su arquitectura lo coloca favorable a la velocidad de acortamiento y excusión muscular, pero con bajos niveles de fuerza; por otro lado, el bíceps femoral, un músculo relativamente mixto con una longitud de fibra moderada y una PCSA también moderada, (debido a un ángulo de penación mayor de 23°), es decir que la capacidad de generar fuerza (de acuerdo su arquitectura) es mayor que la de su compañero el semitendinoso y su característica biomecánica lo coloca en un situación de relativo riesgo, ya que es el que está en condiciones de soportar la carga excéntrica de fuerza que se produce en la fase final del balanceo en la carrera, a diferencia del semitendinoso, que puede activarse en forma veloz y generar un gran cantidad de movimiento, pero bajos niveles de fuerza (Lieber, 2002).

Este dato no deja de colocar a los isquiotibiales en su conjunto como músculos con una función, relativa a su diseño, tendiente a la velocidad de acortamiento en contrapartida a los cuádriceps con una función relativa al diseño (de acuerdo a sus características de longitud fibrilar/longitud muscular y PSCA) de generación de fuerza. De todas maneras, como veremos más adelante, las diferencias arquitectónicas dentro del grupo muscular isquiotibial se correlacionan con los datos epidemiológicos, siendo el bíceps femoral el grupo más expuesto a lesiones dentro de este grupo muscular (Woods et al., 2004).
Finalmente, desde un punto de vista arquitectónico, son músculos complejos. Para ponerlo en términos simples, los isquiotibiales, y en especial el bíceps femoral, presentan tendones que se introducen y recorren en gran proporción la longitud muscular. En otras palabras, al ser graficados como músculos penados (similares a las plumas de las aves), presentan un gran número de uniones miotendinosas y miofaciales, puntos de anclajes de las fibras musculares y de transición de fuerzas contráctiles a movimiento, reconociéndose estas zonas como de alta tasa

de transferencia de fuerza mecánicas, por ende, presentan muchas zonas potenciales de rupturas si tenemos en cuenta que la zona de transición de tejido contráctil a tejido conectivo es la zona más plausible de una lesión. A manera de ejemplo de lo expresado en este párrafo, vemos en la Figura 1 en forma esquemática la arquitectura del bíceps femoral.

Figura 1: Imagen esquemática del plano frontal del complejo músculo-tendinoso de la porción larga del bíceps

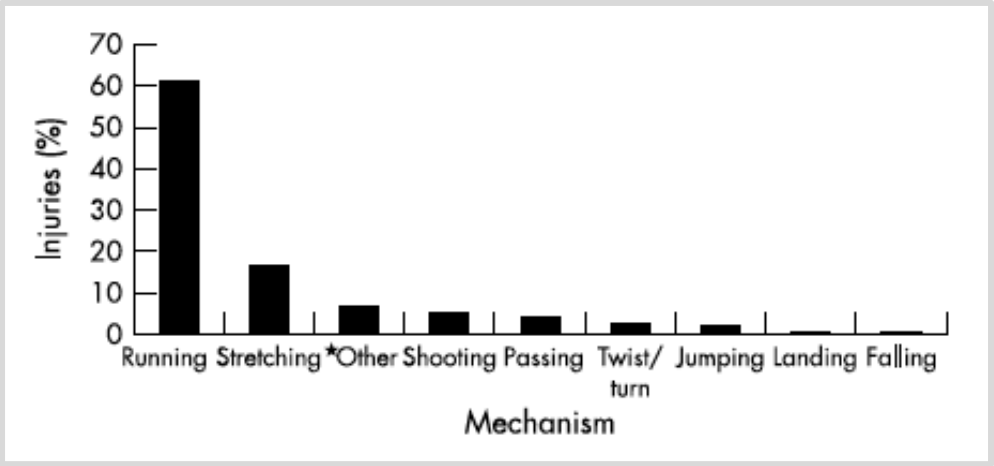


Fuente: Askling, et al., 2007, pág. 199.
Referencias: 1) tendón proximal (PT). 2) Unión músculo-tendinosa proximal (PMTJ). 3) Vientre muscular proximal (PMB). 4) Unión músculo-tendinosa distal (DMTJ). 5) Vientre muscular distal(DMB). 6) Tendón distal (DT).

2.1.2 Mecanismo lesional

Ahora bien, teniendo en cuenta sus características biomecánicas y arquitectónicas, ¿cuál puede ser el mecanismo de lesión principal de este grupo muscular, en especial en deportes dependientes de las acciones de sprint? En este sentido, Woods et al. (2004) publicaron un interesante trabajo basado en el estudio de la lesión de este grupo muscular, que estableció que el mecanismo lesional es en un 91 % por acciones de no contacto y, dentro de este porcentaje, el 57 % se producían en situación de sprint o carrera a altas velocidades. Datos similares fueron encontrados por Hawkins et al. (2001). (Figura 2)

Figura 2. Mecanismos de lesión de isquiotibiales en acciones de no-contacto.



Fuente: Woods, et al 2004

Este hecho está relacionado con la parte final de la fase de balanceo en la carrera, en donde los isquiotibiales deben frenar la gran velocidad angular de la tibia para posicionarla para el próximo paso, en situación de extensión de cadera, lo que los coloca en una acción excéntrica importante que se transformara en concéntrica una vez cerrada la cadena de movimiento en la carrera (Thelen et al., 2006).

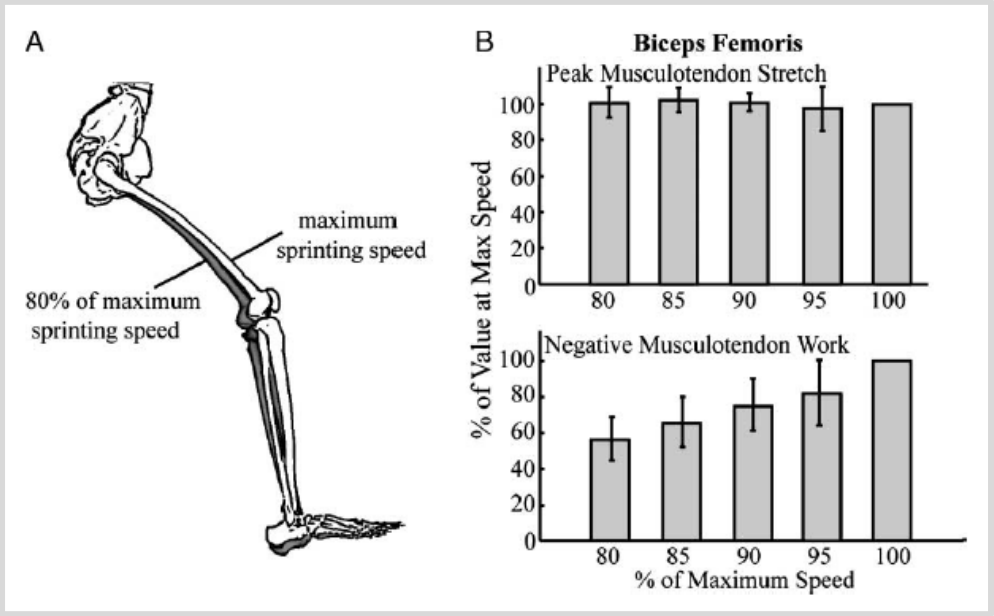
Dentro de este grupo muscular, el bíceps femoral es el más afectado (Woods et al., 2004; Thelen, Chumanov, Sherry & Heiderscheit, 2006). En estudios realizados por el grupo de investigación de Thelen, Chumanov y Sherry (2006), se demostró que la activación electromiográfica del semitendinoso, semimembranoso y bíceps femoral en esta fase final del balanceo era similar, pero que la magnitud del estiramiento para la porción larga del bíceps femoral era significativamente mayor (9,5 %) que la sufrida por el semitendinoso (8.1 %) y el semimembranoso (7.4 %), lo que proporcionaba una mayor cantidad de trabajo negativo sobre el bíceps, interpretándose como un factor de riesgo lesional especifico de este músculo (Thelen et al., 2006).

Otro dato importante es el efecto que la velocidad de carrera genera sobre la mecánica del isquiotibial. En este sentido, se valoraron en condiciones de laboratorio el pico de estiramiento de la unión miotendinosa del isquiotibial a diferentes rangos de velocidad (80 %, 85 %, 90 %, 95 % y 100 %) observando que esta se mantiene invariante a través del rango de velocidades estudiados. Sin embargo, el trabajo negativo de la unidad músculo tendón realizado por el isquiotibial se incrementa considerablemente con la velocidad, a medida que la energía inercial que debe frenar el isquiotibial se incrementa (Thelen et al., 2006; Chumanov, Heiderscheit, & Thelen, 2011).

Los isquiotibiales presentan entonces la función de absorber y redistribuir la energía cinética de la extremidad oscilante antes del contacto del pie.

Debido a que aumenta la energía cinética en proporción a la velocidad al cuadrado, el trabajo negativo realizado por los músculos isquiotibiales se incrementa a una tasa que supera el porcentaje de variación de velocidad (Figura 2) (Thelen et al., 2006).

Figura 3: Ejemplo de la posición de la pierna en el mecanismo lesional isquiotibial



Fuente: Thelen et al., 2006, pág., 139.
Figura 2. A. Muestra la postura de la extremidad inferior al momento de producirse el pico de estiramiento de la unión musculo tendón de los isquiotibiales. B. Variación del pico de estiramiento de la unidad musculo tendón de los isquiotibiales (arriba) y del trabajo negativo muscular (abajo) en relación con la variación de la velocidad de carrera

Parece claro, entonces, que la problemática creciente que se cierne entorno a esta lesión está relacionada, en principio, a dos puntos clave:

1) Creciente desarrollo de la capacidad de realizar esfuerzos de alta intensidad por parte de nuestros deportistas en las competencias y entrenamientos, es decir la capacidad incrementada de transcurrir durante más tiempo y más metros en zonas de alta intensidad y/o sprint.

2) Complejidad subestimada que se tiene sobre este grupo muscular. En otras palabras, el análisis minimalista y unidireccionado, tanto anatómico como funcional, que se ha depositado sobre él.

También, concluyendo con el interrogante de este apartado, está relativamente consensuado en la literatura que el principal mecanismo lesional se ubica en la acción excéntrica de alta velocidad de este grupo muscular en una posición de máxima longitud (estiramiento activo) en la fase final del balanceo de la pierna libre en la carrera y en especial en carreras de alta velocidad.

Este análisis es el que permite luego una profundización sobre cuáles son los factores de riesgo que potencian esta condición e incrementan el riesgo sobre este grupo muscular por un lado y cuáles serían las mejores opciones para su prevención por el otro.

2.1.3 Factores de riesgo intrínsecos para la lesión de isquiotibiales

Edad

La edad de los deportistas ha sido analizada en la mayoría de los estudios relacionados a factores de riesgo intrínsecos. Las lesiones musculares, y en especial la ocurrida en los isquiotibiales, no son la excepción.

En este sentido, la mayoría de los artículos indican que, con el aumento de la edad de los deportistas activos, el riesgo de sufrir lesión en los isquiotibiales se incrementa (Arnason et al., 2004, Ekstrand, Hägglund & Walden, 2011 b). Este incremento se estipula en un aumento del riesgo por año de incremento de la edad del deportista a partir de los 23 años, independientemente si presenta lesión previa o no de este grupo muscular.

Por qué la edad afecta significativamente en el riesgo de sufrir una lesión no está del todo claro. Se hipotetiza que la reducción de la sección transversal fisiológica y la reducción de fibras tipo II en este tipo de músculos de predominancia de fibras rápidas podría explicar esta relación de incremento de edad e incremento del riesgo lesional.

Lesión previa

Existe en la literatura un consenso uniforme y consistente en cuanto que la presencia de lesión previa es un factor de riesgo inequívoco de lesión muscular de isquiotibiales. Algunos autores, como Oschard JW (2001) Arnarson et al. (2004), Hägglund, Waldén y Ekstrand (2013), plantean un incremento del riesgo de entre 1.4 a 3.5 veces más de sufrir una lesión de isquiotibiales.

La explicación de cómo afecta la lesión previa de isquiotibiales aumentando el riesgo de volver a sufrir una lesión puede encontrarse en la curva de torque o ángulo donde se produce el pico de torque luego de una lesión, es decir en la modificación de esta variable biomecánica post-lesión (Brockett, Morgan & Proske, 2004; Naclerio, Larumbe-Zabala, Monajati & Goss-Sampson, 2015).

En este sentido, Brockett et al. (2004) reportan que los sujetos con antecedentes de lesiones en los isquiotibiales presentaban ángulos de pico de toque más cerrados que los mismos sujetos en la pierna no lesionada, lo que plantea un riego de recurrencia. De todas maneras, estos autores refieren la necesidad de analizar muestras de mayor número para poder estimar los rangos angulares seguros donde debe ubicarse el pico de toque así como las zonas de riesgo y otorgarle mayor validez a este análisis en relación a la detección de sujetos en riesgo (Brockett et al., 2004).

Niveles de fuerza excéntrica de los isquiotibiales como factor de riesgo de lesión

Garret (1990) propone que durante las acciones de sprint, la desaceleración de la pierna y pie durante fase final de balanceo requiere una gran activación excéntrica de los isquiotibiales para compensar el momento de fuerza hacia delante y que esta fuerza, la cual influye directamente sobre los isquiotibiales (contemplando la característica biarticular de este grupo muscular), es la que puede ocasionar lesiones en la unión miotendinosa.

Teniendo en cuenta esto, en los últimos años se ha propuesto que los niveles de fuerza excéntrica de los isquiotibiales son un importante factor de riesgo predictor de esta lesión, así como el incremento de la fuerza excéntrica de este es un importante punto a tener en cuenta a la hora de organizar programas preventivos para este grupo muscular (Naclerio Ayllón, 2010).

Desbalances de fuerzas entre los isquiotibiales y los cuádriceps

Basado en lo expuesto en los párrafos anteriores, el análisis de los niveles de fuerza excéntrica deberá ser un importante valor a tener en cuenta para poder entender cuáles de nuestros deportistas se encuentran en riesgo de sufrir lesiones en este grupo muscular.

En este sentido, la relación de fuerzas entre grupos antagonistas del muslo ha venido siendo estudiada hace ya varios años con el fin de encontrar la relación adecuada que brinde una disminución del factor de riesgo lesional para este grupo muscular (Naclerio Ayllón, 2010).

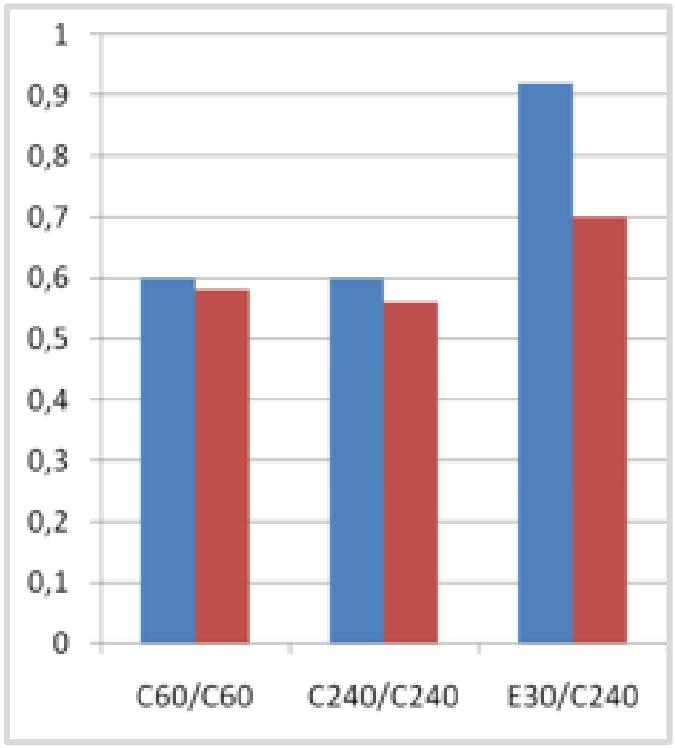
Este ratio fue estudiado preferentemente en sus manifestaciones concéntricas, en diferentes estudios, planteando en términos generales una relación en torno de 0.60 H/Q (o sea, fuerza de los isquiotibiales sobre la fuerza del cuádriceps) en dinamómetro isocinético para una velocidad angular de 60°/segundo, estipulándose esta relación de 0.60 como el piso por debajo del cual el isquiotibial se encuentra en situación de riesgo de sufrir lesiones (Orchad, Marsden, Lord & Garlick, 1997; Brockett et al., 2004).

La principal crítica que se realiza a este ratio, en especial desde la aparición del trabajo de Aagaard, Simonsen, Magnusson, Larsson, & Dyhre-Poulsen (1998) (que presentaron una nueva forma de evaluar este ratio, considerando la relación excéntrica de isquiotibiales entre 30°/segundos y 60°/segundos, teniendo en cuenta que la curva fuerza velocidad para las acciones excéntricas se mantiene relativamente constante, a diferencia de la drástica caída de fuerza a mayor velocidad en las acciones concéntricas, con 240°/segundos concéntrico de cuádriceps) es que no contempla la realidad fisiológica y funcional de las manifestaciones de fuerza en estos grupos musculares en situaciones reales de juego. Por lo tanto, la forma de relacionar los niveles de fuerza de estos grupos musculares antagonistas, planteados por Aagaard et al. (1998), se asemeja más a la realidad sufrida por estos en las acciones de sprint, denominando esta relación ratio funcional.

En base a estos hechos, los grupos de investigación de Croisier, J. L., Forthomme, B., Namurois, M. H., & Vanderthomme, M. (2002) y Croisier, J. L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M., & Ferret J. M. (2008) realizaron dos importantes trabajos relacionados a este ratio funcional que resumimos a continuación.

En un primer trabajo que citaremos de este autor, publicado en el año 2002, se evaluaron 26 atletas masculinos (14 jugadores de fútbol, 7 atletas de pista y campo y 5 de artes marciales) con antecedentes de lesión isquiotibial y síndrome doloroso crónico de este grupo muscular. Se evaluaron el ratio convencional y el funcional en dinamómetro isocinético y se encontró una reducción significativa del ratio funcional excéntrico de flexores a 30°/s y concéntrico de extensores a 240°/s en la pierna con lesión previa de femorales en comparación con la no involucrada. Este es un dato que no se correlacionó con el torque convencional que se presentaba dentro de los estándares normales. La importancia de este trabajo radica en la validación de este ratio en el hallazgo de déficit funcional que puede ser subestimado por el ratio convencional.

Figura 4: Distintos ratios comparando el torque del isquiotibial y cuádriceps de la pierna lesionada y la no lesionada



Fuente: Crossier et al., 2002, pág. 201.
Referencias: Azul: contralateral hamstring. Rojo: Injured hamstring.
C60/C60= concéntrico 60°/concéntrico 60°; C240/C240= concéntrico 240°/concéntrico 240°; E30/C240= excéntrico 30°/ concéntrico240°.

El segundo trabajo de este autor (Croisier, Ganteaume, Binet, Genty & Ferret, 2008), más reciente, contempló un amplio análisis sobre la relación de los desequilibrios de fuerza entre los cuádriceps y los isquiotibiales testeados con dinamómetro isocinético y los factores de riesgo lesional de este grupo muscular en un follow up (seguimiento) posterior a la evaluación.

Este trabajo resulta sumamente importante, sobre todo por la muestra obtenida de 687 jugadores de fútbol, de los cuales se pudo realizar un correcto seguimiento durante la temporada a 462 de ellos, los que fueron evaluados isocinéticamente (en pretemporada) en busca de desequilibrios entre el cuádriceps y los isquiotibiales a diferentes velocidades (altas y bajas) y acciones tanto concéntricas como excéntricas.

Uno de los hallazgos sugerentes de este estudio es que jugadores con un desbalance significativo en el ratio mixto funcional (excéntrico 30° H/concéntrico 240° Q) presentaron un mayor índice de lesiones en el follow up prospectivo.

Otro dato relevante es que las actividades de fútbol incrementan el riesgo 4,66 veces sobre aquellos jugadores con desequilibrios no tratados,

mientras que en jugadores con déficit tratados y monitorizados mediante dispositivitos isocinéticos, el riesgo relativo fue de solo 1,44. Es decir, el jugador con déficit presenta riesgos que pueden ser disminuidos con corrección de estos ratios y monitoreo preciso de la corrección.

Por otro lado, consecuentemente con los datos de su anterior trabajo, las modalidades de evaluación estándares concéntricas no contemplaron alrededor del 30 % de jugadores con déficit excéntricos. Este hecho nos puede llevar a subestimar el déficit si utilizamos solo estas modalidades de evaluación, por lo que queda claro el planteo de este autor, coincidentemente con Aagaard et al. (1998), de que el ratio funcional puede brindarnos mayor especificidad de información a la hora de testear desbalances con los fines de disminuir la incidencia sobre este grupo muscular.

Tabla 1: Criterio de descripción de jugadores con desbalances de fuerza (n=216)

Características de los desbalances	Proporción de jugadores (% sobre *n*=216=100 %)
Diferencias bilaterales	
Conc 60°/s	85/216(39)
Conc 240°/s	69/216(32)
Ecc 30°/s	130/216(60)
Ecc 120°/s	126/216(58)
Ratio H/Q	
Conc 60/conc 60°/s	118/216(55)
Conc 240/Conc 240°/s	82/216(38)
Mixto funcional Ecc 30/Conc 240°s	188/216(87)
Referencias: conc.= concéntrico; ecc. = excéntrico; s = segundo (;) H/Q= Isquiotibiales/cuádriceps; mixto funcional ecc. /conc.= mixto funcional excéntrico isquiotibiales/concéntrico cuádriceps.	

Fuente: Crossier et al., 2008, pág., 1473.

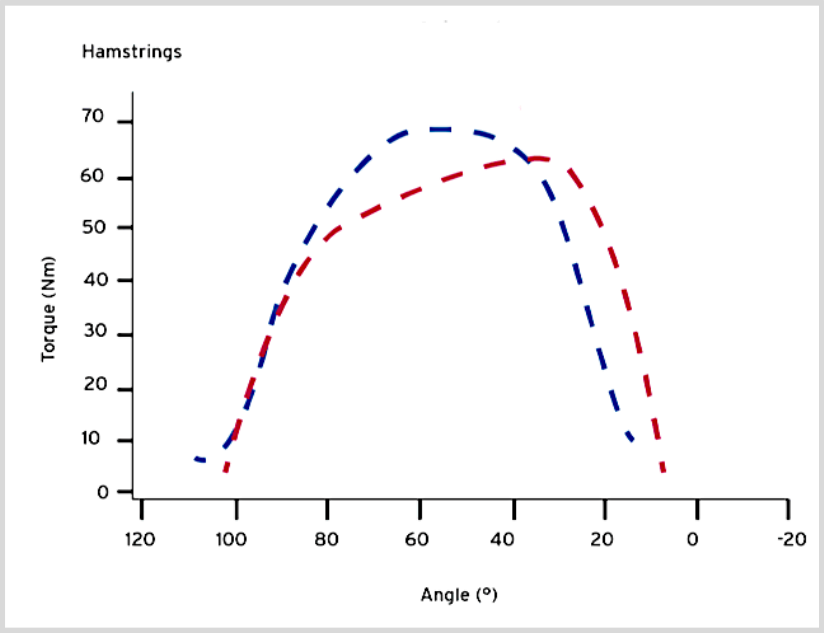
Un hallazgo de este estudio es que los jugadores con ratios funcionales en torno a los 1.40 no presentaron lesiones de isquiotibiales, pudiéndose plantear esta relación como un nivel óptimo para disminuir el riesgo lesional en este grupo muscular.

Estos autores sugieren finalmente la utilización de esta metodología de evaluación para determinar desbalances de estos grupos musculares y luego de los periodos de entrenamiento o ajuste de déficit controlar según esta metodología.

En relación a la valoración de este grupo muscular y el intento de estimar sujetos en riesgo, resulta interesante también observar la característica de la curva de torque o ángulo donde se produce el pico de torque, para poder estimar si aquellos jugadores con ángulos de pico de torque más abiertos puden tener una relación diferente con el índice lesional (Brockett, et al., 2004; Naclerio Ayllón, 2010).

Tal como mencionamos anteriormente, en este sentido, Brockett et al. (2004) reportan que los sujetos con antecedentes de lesiones en los isquiotibiales presentaban ángulos de pico de toque más cerrados que los mismos sujetos en la pierna no lesionada, lo que planteaba un riego de recurrencia. De todas maneras, este autor marca la necesidad de analizar muestras de mayor número para poder estimar los rangos angulares seguros donde debe ubicarse el pico de toque y las zonas de riesgo y otorgarle así mayor validez a este análisis en relación a la detección de sujetos en riesgo (Brockett et al., 2004).

Figura 5: Curvas de ángulo de pico de torque para isquiotibiales superpuestas.



Fuente: Brockett et al., 2004, pág. 381.
Pierna con antecedentes de lesión, rayas rojas; pierna no lesionada, rayas azules.

En búsqueda por encontrar otra hipótesis del incremento del riesgo de lesión isquiotibial a causa de una lesión previa, Silder, Reeder y Thelen (2010), estudiaron sujetos con lesión previa en los isquiotibiales mediante un método biomecánico, encontrando que la cicatriz residual de una lesión previa puede afectar en forma negativa la mecánica local del tejido implicado en una forma que puede contribuir a un incremento del riesgo de re-lesión durante acciones que involucren estiramientos activos del músculo.

En definitiva, es posible que diferentes factores puedan ser los causantes del incremento del riesgo de lesión isquiotibial con lesión previa, lo que determina la importancia de la rehabilitación óptima del primer episodio y el seguimiento y profundización de medidas preventivas en este grupo de deportistas con antecedentes para amortiguar significativamente este factor de riesgo.

Relación de la fatiga y el torque excéntrico de los isquiotibiales

Establecida la importancia del torque excéntrico de los isquiotibiales como la relación de torques concéntricas entre los músculos antagonistas del muslo, en relación al factor de riesgo lesional de este grupo muscular, indagar la dinámica de este torque en relación a la fatiga específica producida por estos deportes resulta, al menos, interesante.

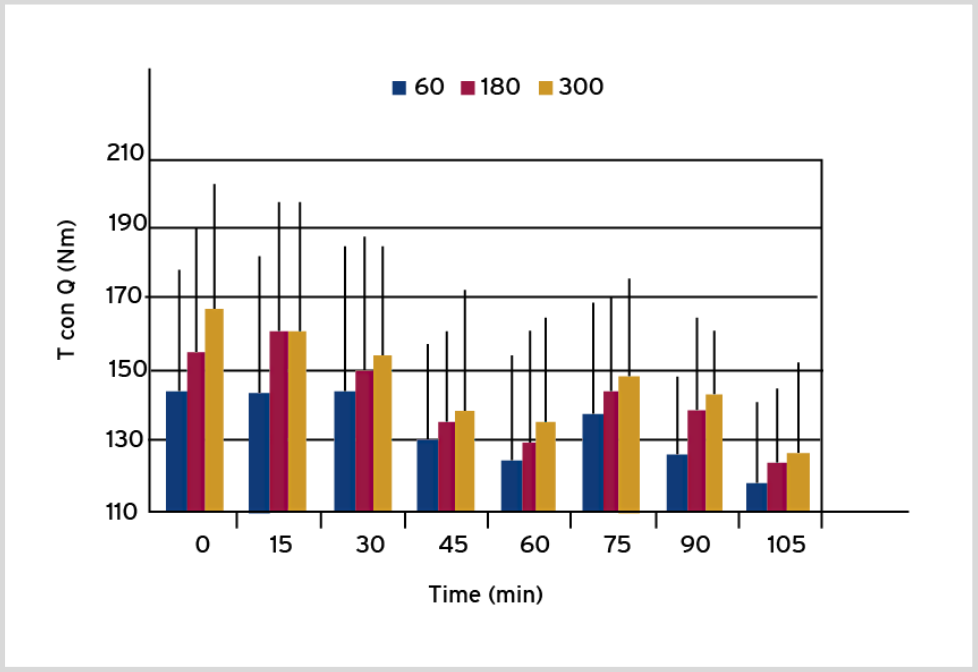
En este sentido, Greig (2008), evalúa la respuesta de los torques isocinéticos Q/H tanto concéntricos como excéntricos luego de un protocolo en treadmill que replica la dinámica intermitente del fútbol (105 min).

El punto débil de este estudio puede atribuirse al hecho de que no contempla los cambios de dirección y frenos o cambios de aceleraciones que aumentan el desarrollo de la fatiga neuromuscular de un jugador. También que la adquisición del torque funcional se realiza comparando iguales velocidades tanto excéntricas como concéntricas para los grupos musculares antagónicos con otros trabajos que relacionan 30 exe. H/240 con. Q, fundamentalmente el de Aagaard et al. (1998), precursores de este ratio.

Aunque algunos datos pueden inferirse, estos autores encontraron que el pico de torque excéntrico disminuye en concordancia con el avance del ejercicio, sobretodo luego del intervalo de 15 minutos del entretiempo, mientras que el torque concéntrico se mantiene relativamente estable.

Por otro lado, el ratio funcional tiende a disminuir a velocidades de 180 y 300 °/s mientras que a 60°/s se mantiene relativamente estable. El ratio a 180°/s cayó desde 1.05 en 0' y 1.14 a los 15' hasta 0.81 a los 105'. El ratio a los 300°/s también sufrió una significativa disminución de 1.33 min 0 y 1.30 min 15 a 1.07 a los 45 min y 1.03 al final 105 min, así como 1.07 a los 60 min.

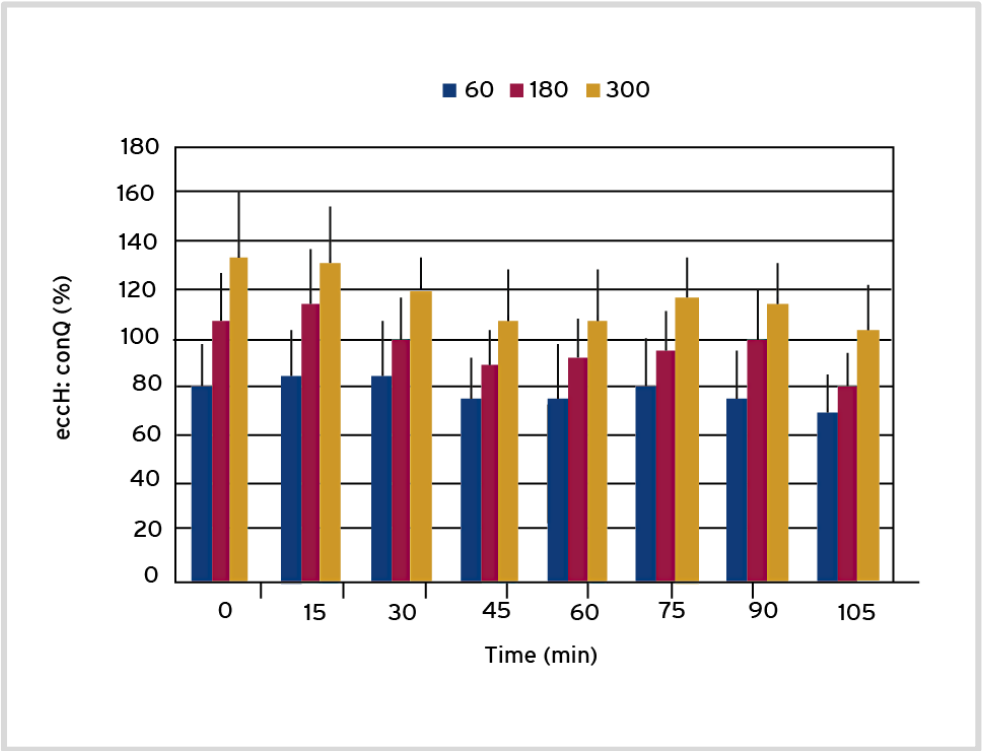
Figura 6: Historia del pico de torque excéntrico isocinético de los flexores de rodilla durante el protocolo intermitente específico para fútbol



Fuente: Greig, 2008, pág. 1406. Referencia: T ecc H = torque excéntrico isquiotibial.

Lo más relevante de este estudio es el intento de correlacionar la realidad de la fatiga específica del juego y la evolución del torque excéntrico isquiotibial, donde se muestra una tendencia a la pérdida progresiva de torque en este grupo muscular a diferencia de su antagónico.

Figura 7: Historia del ratio de fuerza funcional durante el tiempo del protocolo intermitente para fútbol



Fuente: Greig, 2008, pág. 1406. Referencias: ecc H: con Q= excéntrico isquiotibial: concéntrico cuádriceps.

Por otro lado, sería interesante, a partir de este estudio, realizar nuevas investigaciones respetando el ratio funcional propuesto por Aagaard et al. (1998) y considerando otras modalidades de evaluación de la caída de rendimiento en el fútbol como por ejemplo un test de campo con cambios de dirección (p. ej., yo-yo test) así como la evolución de este ratio luego de la realización de varias series de entrenamiento específico como son los sprint repetidos, que pueden afectar directamente al torque excéntrico del cuádriceps.

Como referencia a lo anterior, existe un trabajo de Andrews, Dawson y Steward (2005) en el cual se evaluó el ratio convencional y funcional de estos grupos musculares antes y después de un test de repetición de sprints (RSA) (6*40 m con 30 s de micropausa), detectando una pérdida del torque convencional del 12 % como respuesta a la fatiga aguda producida por el test, pero sin hallar una disminución en el troque funcional.

De este trabajo puede inferirse que la fatiga aguda producida por una sola serie de RSA (respetando el protocolo del test, 1*6 sprint de 40 m) no alcanza para graficar la realidad de la fatiga producida por la repetición de acciones de alta intensidad en un juego en donde, independiente del puesto, los metros recorridos solamente a sprint (+ de 23 km/h) se encuentran entre 200 m y 460 m por partido, sin tener en cuenta el

contexto en donde se recorren estas acciones (m totales, m a alta intensidad + de 19 km/h, a alta intensidad + 23 km/h) lo que podría influir en formas diferentes en el torque funcional, necesitándose por ello de un diseño metodológico distinto para poder valorar esta relación.

También en un estudio de Rahnama y Manning (2005) se evaluó la respuesta electromiográfica (EMG) de los isquiotibiales, conjuntamente con el recto femoral, tibial anterior y pantorrilla, previamente, durante y después de un protocolo en cinta rodante (treadmill) que replicó las intensidades de carreras que se realizan en fútbol en forma aleatoria, intentando reproducir la fatiga específica de este deporte. Aquí se encontró que la actividad EMG de los músculos estudiados es mayor antes que después de la actividad física. Esto sugiere que la fatiga reduce los niveles de actividad eléctrica muscular y que esta reducción de los niveles de activación (que se traducen en déficit de fuerza) se debe a una reducción en la activación neural de los músculos, lo que conduce a una pérdida del rendimiento.

A la luz de estos resultados, y relacionándolos con lo que venimos desarrollando, podemos decir que la fatiga neural se pone en juego también en el déficit de torque excéntrico o concéntrico de los isquiotibiales y esto representa un factor de riesgo lesional en los últimos minutos del encuentro.

Finalmente, es interesante plantear que esta relación de torque y fatiga específica podría ser estudiada en mayor especificidad con registros del torque pre y post actividades más específicas del fútbol, por ejemplo, small-sided games o juegos reducidos intensos, juegos amistosos, luego de un entrenamiento de RSA de más de una serie y diferentes densidades de estímulo-pausa. De estas evaluaciones podrían surgir conclusiones más específicas sobre la relación e influencia de la fatiga en el ratio funcional, debido a la presencia de componentes específicos del fútbol como los cambios de dirección, frenos y arranques, que influyen directamente en el fatiga y producción de fuerza de los principales músculos implicados y, por ende, en las posteriores inferencias hacia la prevención de lesiones.

Flexibilidad como factor de riesgo asociado a la lesión de isquiotibiales

Este tópico fue propuesto en forma empírica durante muchos años, a partir del cual se planteaba que el acortamiento de este grupo muscular o el déficit de flexibilidad era un importante factor de riesgo lesional. Sin embargo, la literatura científica al respecto no ha encontrado evidencias tan claras a favor de este hecho, como sí ha encontrado para otros factores de riesgo como la edad, la lesión previa y el déficit de torque excéntrico.

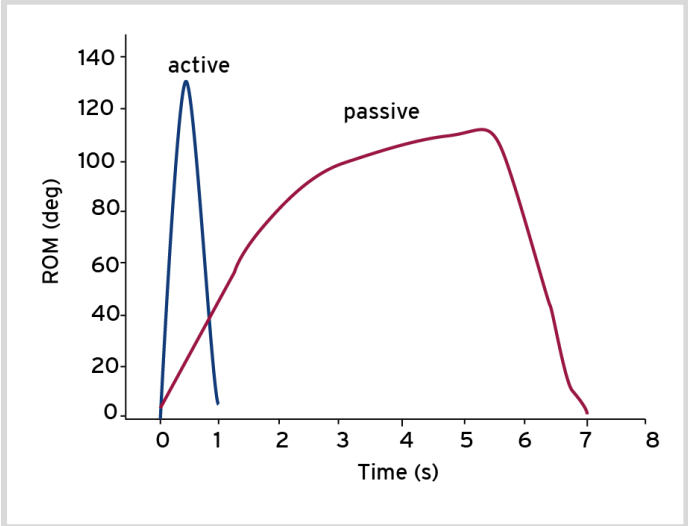
En este sentido, Arnasson, Sigurdsson, Gudmunsson y Holmelngar (2004) determinaron interesantemente que la reducción del ROM (Rango Optimo de Movimiento) de los isquiotibiales no se asociaba a una mayor riesgo de sufrir lesiones en este grupo muscular, a diferencia de los músculos aductores, donde este factor podía catalogarse como de riesgo en relación a la lesiones de este grupo muscular. A pesar de ello, autores como Witvrouw, Danneels, Asselman, D'Have & Cambier (2003), y Bradley y Portas (2007), opinan lo contrario. Las principales críticas realizadas e estos trabajos radican en la utilización de test estáticos para observar el ROM del isquiotibial, situación que se aleja de la especificidad en la cual es demandado el isquiotibial en la carrera.

Figura 8: Ejemplo de test de flexibilidad estático del isquiotibial

Fuente: Askling, et al., 2010, pág. 1800.

En este sentido, parece claro que sería un error intentar correlacionar el stiffness pasivo de este grupo muscular con tests de predominio estático (H test, PKE (Extensión pasiva de rodilla por sus siglas en inglés) y AKE (Extensión activa de rodilla por sus siglas en inglés)) para determinar el índice lesional sobre este grupo muscular, ya que el comportamiento del stiffness dinámico, que se asemeja más a la realidad de este grupo muscular en la carrera, es significativamente diferente.

Figura 9: Comportamiento del ROM activo y pasivo de los isquiotibiales



Fuente: Askling et al., 2010, pág. 1801.

Por otro lado, Arnasson realizó en 2008 un interesante trabajo de intervención donde evaluó la reducción del número de lesiones de este grupo muscular, aplicando entrenamiento de la flexibilidad solamente y entrenamiento excéntrico combinado con flexibilidad en la entrada en calor. Obtuvo como resultados que el grupo que realizó entrenamiento excéntrico disminuyó significativamente el número de lesiones a comparación del que no uso este tipo de entrenamiento y solo se limitó a la realización de entrenamiento de la flexibilidad, atribuyendo este hecho al efecto positivo del entrenamiento excéntrico para este grupo muscular. Este dato es soportado por revisiones sistemáticas como la de Thacker, S. B., Gilchrist, D. F. Stroup, C. D., & Kimsey, Jr. (2004), que plantean entonces que no existe una relación consistente entre flexibilidad de este grupo muscular y disminución de la incidencia.

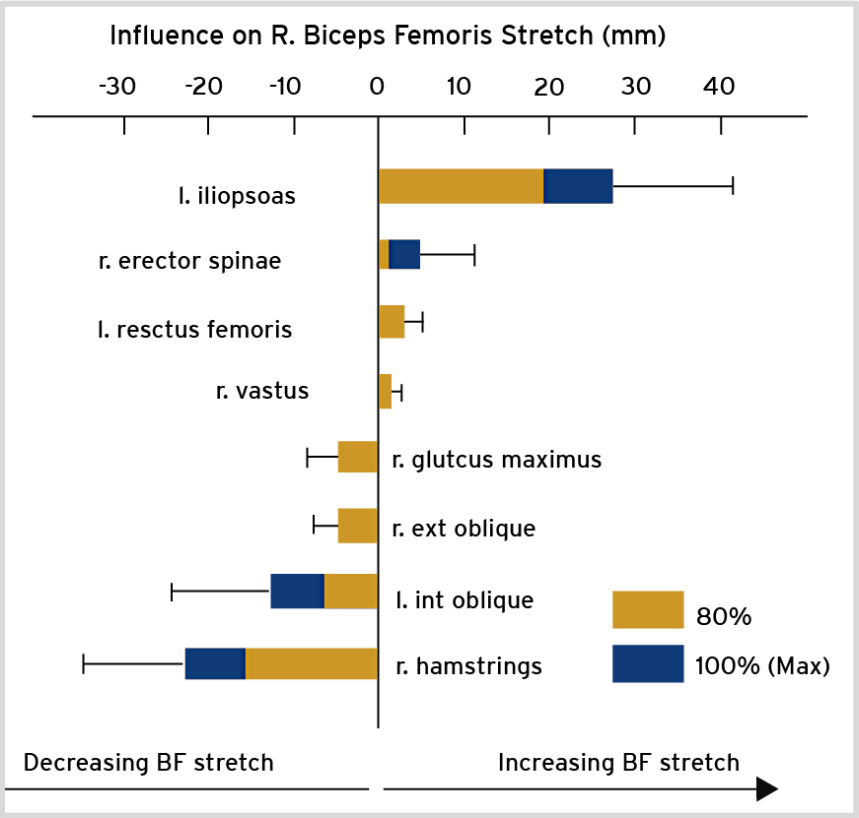
Si bien existen otros estudios que demuestran que el entrenamiento de la flexibilidad para este grupo muscular puede ser parte importante de los programas preventivos (Dadebo, White & George, 2004) la tendencia actual nos muestra que el entrenamiento excéntrico de este grupo muscular resulta más efectivo a la hora de prevenir lesiones (Arnasson et al., 2006; Naclerio Ayllón, 2010; Lieber, 2002).

De todas maneras, el dato concluyente de este apartado radica en el hecho de que no existe evidencia contundente (o al menos esta es contradictoria) que avale el hecho de que el déficit de flexibilidad de este grupo muscular es un importante factor de riesgo lesional.
Como conclusión, podríamos estimar que el entrenamiento aislado de la flexibilidad, sin complementarla con restitución de los niveles de fuerza excéntrica de este grupo muscular, resulta incompleto a la hora de disminuir la incidencia de lesiones de los isquiotibiales.

Flexibilidad de los flexores de cadera como factor de riesgo de lesión de isquiotibiales

En los últimos años, a partir del análisis del mecanismo lesional de este grupo muscular y del impacto que podría tener la biomecánica de la pelvis en la carrera sobre el estiramiento activo del isquiotibial en la fase final del balanceo en la carrera y en especial en la carrera de alta velocidad, se ha propuesto que la flexibilidad de los flexores de la cadera podrían impactar sobre el riesgo lesional de los isquiotibiales. Tal como describieron Chumanov, Heiderscheit y Thelen (2007), y Schache, Blanch, Rath, Wrigley y Bennell (2005), los flexores de cadera contralaterales presentan una gran influencia en la tensión sobre el isquiotibial la cual se incrementa a medida que aumenta la velocidad de la carrera.

Figura 10: Influencia individual de los diferentes grupos musculares en el estiramiento de los isquiotibiales en la carrera a diferentes porcentajes de velocidad



Fuente: Chumanov et al., 2007, pág. 3560.

Al igual que sucede con los isquiotibiales, sobre este tópico radica el mismo cuestionamiento; es decir que, si bien se han encontrado correlaciones positivas entre tests de ROM pasivo de los flexores de cadera (Thomas test) e incremento del riesgo lesional de los isquiotibiales, no se podrían transferir inferencias encontradas en valoraciones estáticas a situaciones dinámicas y de alta velocidad (Gabbe, Finch, Bennell, & Wajswelner, 2005). En este sentido, probablemente los ratios de fuerza con flexores de cadera/excéntrico de isquiotibiales puedan arrojar mejores inferencias.

2.1.4 Factores de riesgo extrínsecos para la lesión de isquiotibiales

Nivel de competencia

Algunos trabajos, como el de Verrall, Slavotinek y Barnes (2005) en fútbol australiano, expresan que el nivel de competencia incrementa el riesgo lesional de isquiotibiales; es decir que mientras más alto sea el nivel de competencia del deportista, mayor riesgo de sufrir una lesión de isquiotibiales. La razón de este hecho no está del todo clara. De todas

maneras, es posible que se deba al incremento del nivel de entrenamiento y de la demanda sobre los isquiotibiales en competencias de alto nivel.

Competencia vs. entrenamiento

Está comprobado que el riesgo de sufrir una lesión de isquiotibiales es mayor en competencias que en entrenamientos, con un ratio diez veces mayor en deportes de alto riesgo para este grupo muscular como el fútbol o el fútbol australiano (Verrall, G. M., Slavotinek, J. P., & Barnes, P. G. 2005) Parece ser que la mayor demanda y esfuerzo en los partidos durante mayores periodos de tiempo puede afectar en forma negativa a este grupo muscular en relación a la fatiga y, por ende, el riesgo lesional.

Posición del jugador en el campo

En deportes como el rugby existe una diferencia sustancial en cuanto a la posición en el campo de juego y el riesgo de sufrir una lesión de isquiotibiales, siendo los backs los que sufren mayores lesiones en este grupo muscular que los forward (Brooks J H M, Fuller C W, Kemp S P T, Reddin D B. (2005). En fútbol, los mediocampistas son los que más riesgo tienen de sufrir una lesión de isquiotibiales (Arnason, Sigurdsson, Gudmundsson, HolmeIngar, Engebretsen, & Bahr, 2004). La explicación de este punto es la utilización de los jugadores más rápidos en dichos puesto y por ende los jugadores con mayor predominio de actividades altamente asociadas al sprint.

Calentamiento insuficiente

El pobre calentamiento como factor de riesgo isquiotibial es una afirmación casi unánime. Probablemente se debe a que la inadecuada preparación precompetitiva conduce a músculos isquiotibiales con menor nivel de preparación para disipar el estrés excéntrico que se produce sobre ellos durante el juego. De todas maneras, no existe un consenso sobre cuál es la mejor forma de preparar a este grupo muscular para disminuir el riesgo lesional, pero sí está clara la necesidad de un adecuado calentamiento para disminuir este factor de riesgo.