

AUTOR



LIC. MATÍAS SAMPIETRO

Licenciado en Kinesiología y Fisioterapia.
(UNC)

Profesor en Educación Física.(IPEF)

Club Atlético Belgrano de Córdoba.
Kinesiólogo a cargo de la Prevención y
Rehabilitación funcional de jugadores
del Plantel Profesional (2005 hasta la
actualidad)

Co-Director de EQUIPO PHISICAL.
Servicios Especializados en Entrena-
miento, Capacitación y Rehabilitación

Miembro de la Asociación Argentina de
Kinesiología del Deporte (AKD)



E-mail: msampietro77@gmail.com

REVISIÓN NARRATIVA

PREVENCIÓN DE LESIONES ISQUIOTIBIALES

TRASCENDIENDO AL CURL NÓRDICO

Introducción

Las lesiones musculares de distinta gravedad sobre los isquiotibiales son muy frecuentes en deportes en donde el sprint, en especial en situaciones no pre programado (cambios de dirección bruscos o con tomas de decisión), se presenta en volúmenes altos. Estas son características innegables de deportes como el fútbol, por lo que no es de extrañar que las lesiones sobre este grupo muscular resulten actualmente un aspecto preocupante y algunos autores adjetiven como “una lesión endémica” en relación a la salud de nuestros futbolistas y más de un dolor de cabeza en muchos ámbitos competitivos de diferentes niveles.

Realizando un desarrollo epidemiológico resumido en el fútbol, las lesiones de los músculos de la región posterior del muslo aparecen dentro del grupo de las más prevalentes y resulta la tipología con mayor incidencia en muchos trabajos publicados en este sentido ^(5, 24, 26, 33, 34, 36, 71, 61).

El objetivo de esta revisión narrativa es abordar los factores de riesgo más relevantes de la lesión isquiotibial en futbolistas y así poder justificar los abordajes preventivos propuestos en la literatura y una propuesta de abordaje personal. Nos centraremos en la prevención de las lesiones tipo 3A y 3B de la clasificación de Munich, es decir lesiones estructurales ^(43,47).

Material y método

La revisión bibliográfica se realizó principalmente en las bases de datos PUBMED, Conchrane y PEDro hasta abril de 2018. Los principales algoritmos de búsqueda utilizados fueron: «Hamstring injury AND soccer», «Hamstring prevention AND athletes» y «hamstring injury risk factors» «hamstring injury AND Nordic curl». También se examinaron las listas de referencias de los artículos escogidos. Solo se incluyeron los artículos en lengua española o anglosajona. Se priorizaron revisiones sistemáticas de estudios aleatorios controlados y estudios aleatorios controlados y otros estudios aleatorios. La selección de los trabajos se realizó en base al criterio del autor en el intento de responder las preguntas problema principal de esta revisión y las preguntas parciales derivadas del mismo.

Es una revisión narrativa con nivel de evidencia V.

¿Qué características biomecánicas (arquitectónicas y relativas a su función) tienen de los isquiotibiales?

Las características biomecánicas, sobre todo relativas a su arquitectura y función, de este grupo muscular deben ser la primera pregunta que debemos contestar para poder entender mejor las hipótesis sobre el análisis del mecanismo de esta lesión por un lado, su influencia como factor de riesgo y las adaptaciones agudas y crónicas de intervenciones preventivas por el otro.

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 (donde esta sinergia es importante en el desarrollo de la técnica correcta de carrera) y flexor de la rodilla. Mientras que en su acción excéntrica desacelera la velocidad angular de la masa de la pierna en la fase final del balanceo en la carrera. En cuanto a su arquitectura, hay dos aspectos que debería demandar la atención del kinesiólogo: 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 las fibras musculares (porción corta del bíceps femoral, 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, lo que los coloca en situación de ser músculos de 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 ⁽³⁹⁾.

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 excursión muscular, pero con bajos niveles de fuerza. Por otro lado, el bíceps femoral es 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 una 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 ⁽³⁹⁾.

"Las lesiones de los músculos de la región posterior del muslo aparecen dentro del grupo de las más prevalentes."

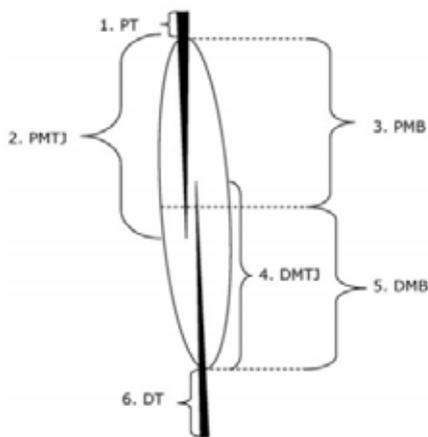


FIGURA 1. Imagen esquemática del plano frontal del complejo músculo-tendinoso de la porción larga del bíceps.

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).
- Fuente: Askling, Tengvar, Saartok y Thorstensson, 2007

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 en este grupo muscular ⁽⁷¹⁾.

En los últimos se ha publicado la utilización del método ecográfico para poder cuantificar la arquitectura muscular en vivo ^(7,38). Este método se ha usado para establecer la longitud del fascículo de la porción larga del bíceps femoral. Este dato es tomado desde con ecógrafo 2D a lo largo del eje longitudinal del vientre muscular junto con el ángulo de pennación y en grosor o Thickness ⁽⁶⁴⁾. Este método demostró un grado de confiabilidad intraclase (ICC) de 0.93 para la medición de la longitud del fascículo con un error estándar y coeficiente de variación porcentual de (%TE) 4.9%. De todas maneras se debe tener en cuenta y en consideración a la hora de sacar conclusiones que si bien una reciente revisión sistemática reporto la confiabilidad del método ecográfico de 2D en la medición del ángulo de pennación y longitud del fascículo en varios músculos la validez en comparación con muestras cadavéricas ^(37,38), también se estableció que esta confiabilidad depende en parte de la amplitud del transductor y es operador dependiente siendo estos factores los que pueden o reducir el error estándar de la medida o no.

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.

Como dato final en cuanto a la arquitectura de este grupo muscular vale aclarar que esta información se transforma en importante en relación a la información reciente de las adaptaciones sobre la misma y la influencia tanto del tipo de entrenamiento o ejercicio que se aplique como la presencia de lesión previa en la arquitectura muscular.

¿Está claro y consensuado el mecanismo lesional de los isquiotibiales?

Ahora bien, teniendo en cuenta su característica biomecánica y arquitectónica, ¿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.⁽⁷¹⁾ publicaron un interesante trabajo basado en el estudio de la lesión de este grupo muscular y 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.⁽³⁴⁾.

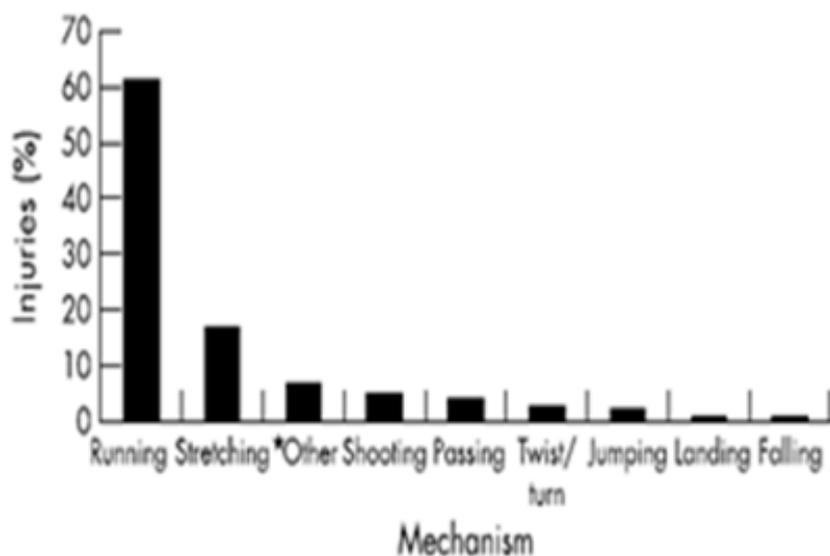


FIGURA 2. Mecanismos de lesión de isquiotibiales en acciones de no-contacto. Fuente: Woods et al., 71, p. 38

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⁽⁶³⁾.

Dentro de este grupo muscular, el bíceps femoral es el más afectado^(63, 71). En estudios realizados por el grupo de investigación de Thelem, Chumanov y Sherry⁽⁶³⁾, se demostró que la activación EMG (Electromiografía) 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 específico de este músculo⁽⁶³⁾.

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 (FIGURA 7B). Pero 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 ^(17, 63).

Los isquiotibiales presentan entonces la función de absorber y redistribuir la energía cinética de la extremidad oscilante antes del contacto del pie (FIGURA 7A). 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 7B) ⁽⁶³⁾.

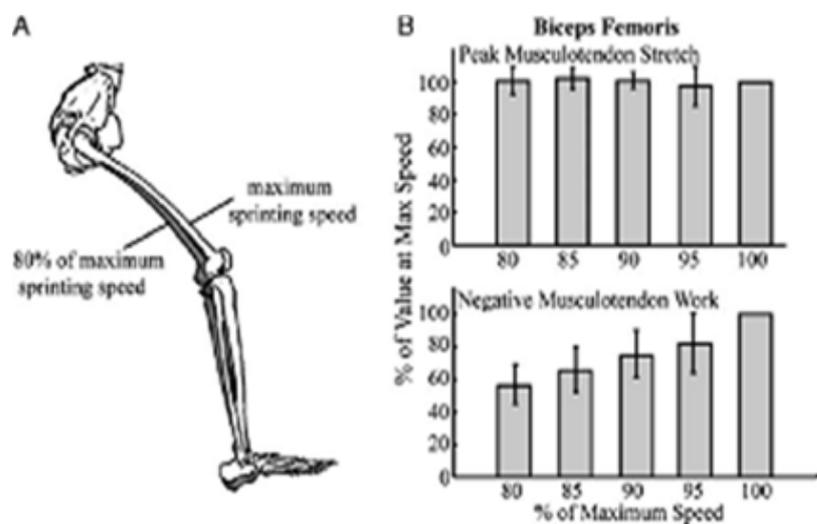


FIGURA 3. Ejemplo de la posición de la pierna en el mecanismo lesional del isquiotibial Thelem et al., 2006, p. 139.

A. Postura de la extremidad inferior al momento de producirse el pico de estiramiento de la unión músculo tendón de los isquiotibiales. B. Variación del pico de estiramiento de la unidad músculo tendón de los isquiotibiales (arriba) y del trabajo negativo muscular (abajo) en relación con la variación de la velocidad de carrera

Si bien parece consistente y ampliamente extendido el postulado de la tensión excéntrica del isquiotibial en el mecanismo lesional más recientemente una serie de revisiones narrativas críticas establecen que no sería del todo completa o cierta esta afirmación ⁽⁶⁷⁾.

Para estos autores puede que en realidad no haya excéntrico, sino más bien una acción isométrica de los isquiotibiales durante la fase de balanceo en carrera de alta velocidad. Este hallazgo se puede explicar en

parte por qué la prevalencia de lesiones en los isquiotibiales no ha disminuido a pesar de el énfasis en el entrenamiento excéntrico de los isquiotibiales. Puede haber una discrepancia entre el funcionamiento del isquiotibial durante los ejercicios excéntricos preventivos y la función de los isquiotibiales durante la carrera de alta velocidad. Según estos autores los ejercicios excéntricos no replican el funcionamiento isométrico-elástico (a alta velocidad o explosivo) del isquiotibial durante la carrera a alta velocidad lo que reduce la eficacia de estas intervenciones. Ahora bien estos autores plantean que el funcionamiento isométrico no necesariamente descarta una acción muscular excéntrica como la causa de lesiones de isquiotibiales, sin embargo, en lugar de experimentar una acción excéntrica durante cada fase de balanceo, los isquiotibiales solo pueden experimentar esporádicamente una acción muscular excéntrica. De hecho, una pérdida de control coordinativo del área pélvica puede aumentar la distancia entre los puntos de fijación y por lo tanto causa una acción muscular excéntrica, dejando el músculo vulnerable a las lesiones. Del mismo modo, una incapacidad de la CE para permanecer isométrico cuando las fuerzas son demasiado altas durante el último swing la fase puede causar una acción muscular excéntrica ⁽⁶⁷⁾.

Basado en estos hallazgos, los mismos proponen que los isquiotibiales deben ser entrenados de una manera en la que el Componente Contráctil (CE) permanece isométrico, mientras que el Componente Elástico en Serie (CES) se estira y retrocede en lugar de usar ejercicios excéntricos. Además, dichos ejercicios también deberían abordar la coordinación entre los isquiotibiales y los músculos que controlan el área pélvica ⁽⁶⁷⁾.

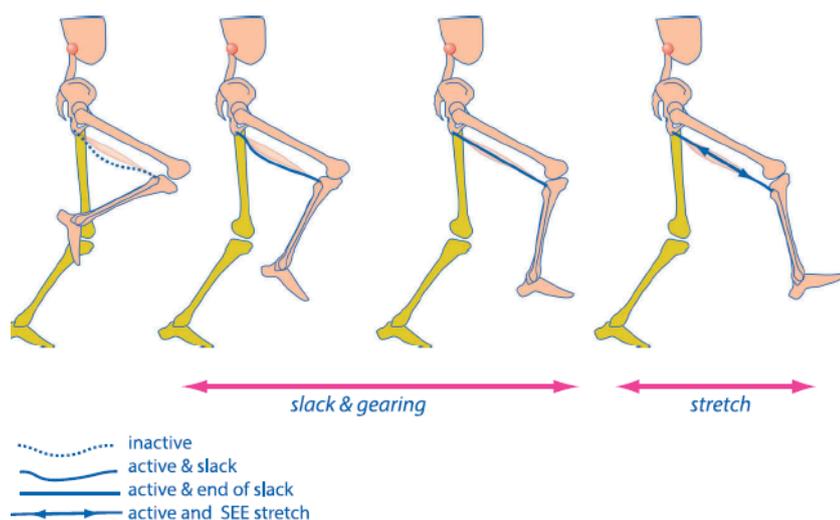


FIGURA 4. Ejemplo del fenómeno de holgura o látigo del Componente contráctil (CE), Componente elástico en serie (SEE) y la unidad musculo-tendón (MTU) total por la acción del péndulo de la parte inferior de la pierna, después de lo cual el SEE se estira mientras el CE permanece cerca de isométrico. Tomado de Van Hooren & Bosch 2016, pag 6.

“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.”

Ahora bien independientemente de la precisión en que podamos establecer que es lo que pasa en los isquiotibiales intrínsecamente en el momento de la lesión, sí parece claro y hay consenso que la lesión se produce en la fase final del balanceo en la carrera y que por otro lado se produce en acciones de carrera de alta velocidad por lo tanto la problemática creciente que se cierne entorno a esta lesión está relacionada, en principio, a dos puntos clave:

1. El creciente desarrollo de la capacidad de realizar esfuerzos de alta intensidad por parte de nuestros futbolistas 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 centra sobre este grupo muscular. En otras palabras, el análisis minimalista y unidireccional, 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 de alta velocidad de este grupo muscular en una posición de máxima longitud (estiramiento activo pero no necesariamente del componente contráctil) 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.

¿Qué factores de riesgo intrínsecos para la lesión de isquiotibiales (tanto modificables como inmodificables) presentan una importancia influyente a considerar?

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 es 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 ^(71, 25). 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⁽⁵¹⁾, Arnarson et al.⁽⁷¹⁾, Hägglund, Waldén y Ekstrand⁽³²⁾, plantean un incremento del riesgo de entre 1.4 a 3.5 veces más de sufrir una lesión de isquiotibiales.

¿Qué influencia arquitectónica y funcional se encontraron en los isquiotibiales luego de una lesión?

La explicación de cómo afecta la lesión previa en el isquiotibiales de manera de colocarlo en más 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 pos-lesión^(11, 48).

En este sentido, Brokett et al.⁽¹¹⁾ 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 riesgo de recurrencia. De todas maneras, estos autores refieren la necesidad de analizar muestras de mayor número para poder estimar los rangos angulares seguro donde debe ubicarse el pico de toque y las zonas de riesgo y otorgarle mayor validez a este análisis en relación a la detección de sujetos en riesgo⁽¹¹⁾.

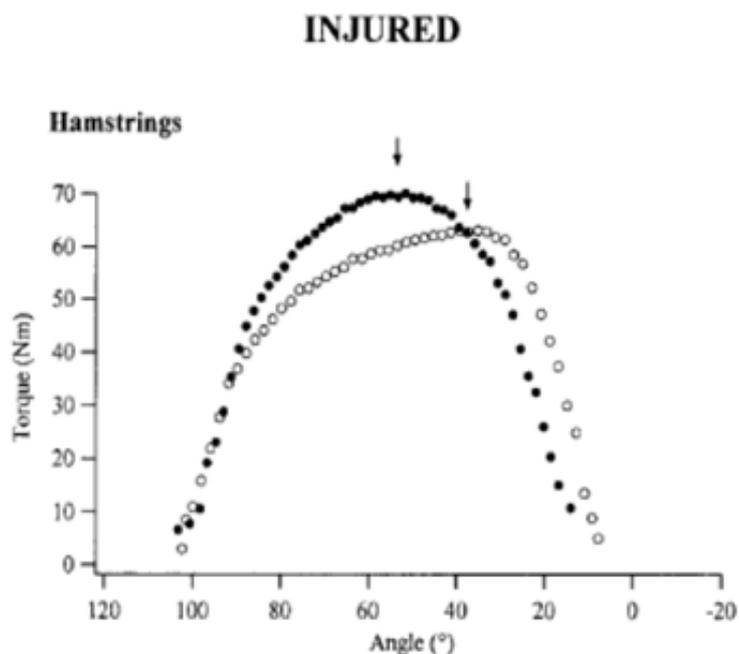


FIGURA 5. Curvas de ángulo de pico de torque para isquiotibiales superpuestas. Pierna con antecedentes de lesión, círculos rellenos, pierna no lesionada, círculos abiertos. Tomada de Brokett et al, [11] Pag 383.

Otra hipótesis del incremento del riesgo de lesión isquiotibial con la lesión previa, Silder, Reeder y Thelen ⁽⁵⁹⁾, estudiando sujetos con lesión previa en los isquiotibiales mediante un método de mediciones ecográficas con elastografía en laboratorio de difícil replicación, encontraron 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, que sirve para inferir el comportamiento diferente en la transferencias de fuerzas mecánicas en el isquiotibial con presencia de lesión.

Más recientemente Timmis et al ⁽⁶⁶⁾ encontró que los deportistas con historia de lesión estructural isquiotibial unilateral presentaban fascículos más cortos comparado con la pierna no lesionada, incluso esta diferencia fue encontrada en valores absolutos de longitud del fascículo como relativos al thickness medidos con ecografía 2D.

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

Garret et al citado por Mjølshes, Arnason, Østhagen, Raastad, & Bahr, 2004 ⁽⁴⁶⁾ 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, que influye directamente sobre los isquiotibiales (contemplando además la característica biarticular de este grupo muscular), puede ocasionar lesiones en la unión miotendinosa.

En este sentido Timmis et al ⁽⁶⁵⁾ utilizando un dispositivo específicamente diseñado para medir la fuerza realizada contra celdas de carga isométricas mientras se realiza el curl nórdico determinaron la curva de fuerza excéntrica en este ejercicios ⁽⁵⁰⁾ concluyen que los futbolistas con menor capacidad de producir fuerza tienen mayor probabilidad de sufrir una lesión de isquiotibiales y este factor al interrelacionarse con el antecedente de lesión previa y longitud del fascículo incrementa aún más el riesgo de lesión de isquiotibiales, planteando una clara interrelación entre factores de riesgo intrínsecos inmodificables y factores de riesgo modificables en el riesgo lesional.

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.

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 ^(11,52).

La principal crítica que se realiza a este ratio, en especial desde la aparición del trabajo de Aagaard, Simonsen, Magnusson, Larsson, & Dyhre-Poulsen (1) (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. ⁽¹⁾, 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. ^[20] y Croisier, J. L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M., & Ferret J. M. ⁽²¹⁾, realizaron dos importantes trabajos relacionados a este ratio funcional que resumimos a continuación.

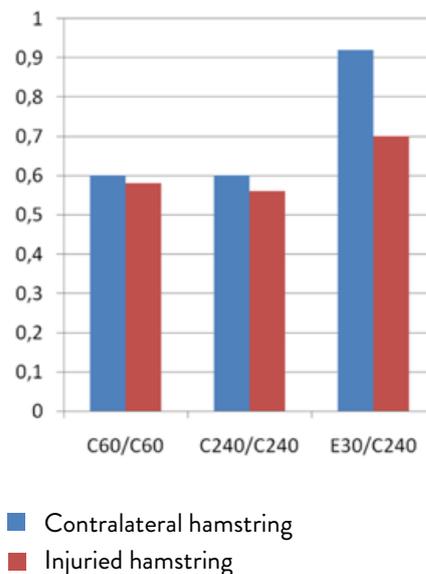


FIGURA 6. Distintos ratios comparando el torque del isquiotibial y cuádriceps de la pierna lesionada y la no lesionada. Modificada de Crossier et al ⁽²⁰⁾

| 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 | 187/216(87) |

Referencias: conc.= concéntrico; ecc. = excéntrico; s = segundo(;) H/Q= Isquiotibiales/cuádriceps; mixto funcional ecc. /conc.= mixto funcional excéntrico isquiotibiales/concéntrico cuádriceps.

TABLA 2. Criterio de descripción de jugadores con desbalances de fuerza (n=216). Crossier et al., 2008, p. 1473

En un primer trabajo que citaremos de este autor, se evaluaron veintiséis atletas masculinos (catorce jugadores de fútbol, siete atletas de pista y campo y cinco 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 flexores 30°/segundos (ecce) - extensores 240°/segundos (con) 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.

El segundo trabajo de este autor ⁽²¹⁾, 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 follow up durante la temporada a 462 jugadores, los que fueron evaluados isocinéticamente en la pretemporada en busca de desequilibrios entre el cuádriceps y los isquiotibiales en 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 (exce. 30° Isquiotibiales /conc. 240° Cuádriceps) 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 monitorizada esta corrección mediante dispositivos 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. ⁽¹⁾ 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.

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.

Lo importante de estos trabajos y resultados van en línea con datos más recientes mencionados en apartados anteriores, parece claro que algún tipo de déficit de fuerza (medido de diferentes formas) asociado a la lesión previa resulta en un factor de riesgo a considerar para la prevención de la recurrencia de lesiones de isquiotibiales y por ende la rehabilitación del primer episodio.

En definitiva, es posible que diferentes factores puedan ser los causantes del incremento del riesgo de lesión isquiotibiales con la 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 ⁽²⁹⁾, 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 minutos). 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 de las velocidades en discrepancia con otros trabajos que relacionan 30 ex e H /240 con Q fundamentalmente el de Aagaard et al. ⁽¹⁾ precursores de este ratio.

Aunque algunos datos pueden inferirse, por ejemplo, encontraron que el pico de torque excéntrico disminuye en concordancia con el avance del ejercicio y luego del intervalo de 15 minutos del entretiempo en contraste con el torque concéntrico que se mantiene relativamente estable. Por otro lado, el ratio funcional (medido en este estudio que difiere de lo propuesto para este ratio) 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 7 Y 8)

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.

“La presencia de lesión previa es un factor de riesgo inequívoco de lesión muscular de isquiotibiales.”

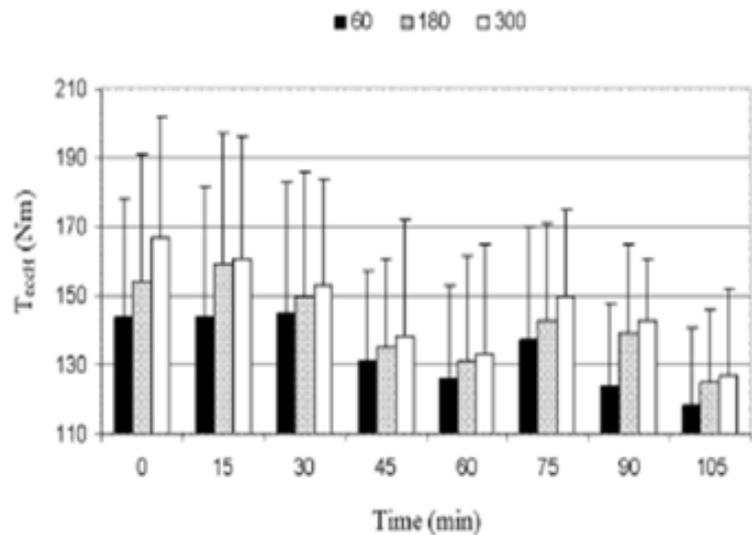


FIGURA 7. Historia del pico de torque excéntrico isocinético de los flexores de rodilla durante el protocolo intermitente específico para fútbol. T_{ecc} = torque excéntrico isquiotibial. Fuente: Greig, 2008, p

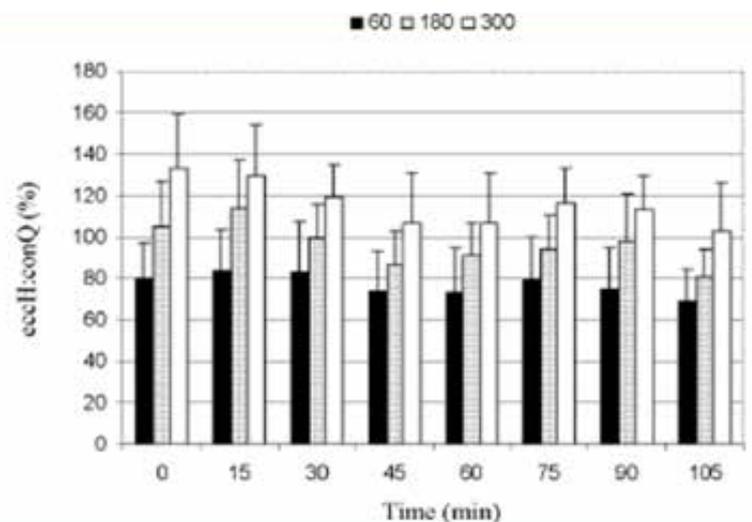


FIGURA 8. Historia del ratio de fuerza funcional durante el tiempo del protocolo intermitente para fútbol

Por otro lado, sería interesante, a partir de este estudio, realizar nuevas investigaciones respetando el ratio funcional propuesto por Aagaard et al. ⁽¹⁾ comparándolo con otras modalidades de evaluación de la caída de rendimiento en el fútbol, como por ejemplo test de campo con cambios de dirección como yo-yo test, así como la evolución de este ratio luego de la realización de varias series de entrenamiento específico que puede afectar directamente el torque excéntrico del cuádriceps y ser una manifestación específica del deporte como los sprint repetidos o RSA (Habilidad de repetir sprint por sus siglas en inglés).

Como referencia a este último párrafo, existe un trabajo de Andrews, Dawson y Steward ⁽³⁾ que evaluó el ratio convencional y funcional de es-

tos grupos musculares antes y después de un test de 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 no encontró una disminución en el torque 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 el juego en donde, independiente del puesto, los metros recorridos solamente a sprint (+ de 23 km/h) en un partido se encuentra entre 200 m y 460 m, sin tener en cuenta el contexto en donde se recorren estas acciones (m totales recorridos en el juego, m a alta intensidad totales + de 19 km/h) lo que podría influir en formas diferentes en el torque funcional, necesiándose un diseño diferente para poder valorar esta relación.

Recientemente avalando la suposición hecha por el autor en el párrafo anterior, Duhing et al ⁽²³⁾ encontraron que exponer a deportistas a volúmenes elevados de carreras de alta intensidad incrementaba el riesgo de sufrir lesiones de isquiotibiales y este aumentaba aún más cuando existían cambios bruscos en estos volúmenes dentro del término de 4 semanas de entrenamiento.

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. Lo que nos lleva proponer un mayor entendimiento de la etiología de la fatiga, el nivel de fitness de nuestro futbolista y el nivel de adaptación a diferentes umbrales de carga.

Flexibilidad como factor de riesgo asociado a la lesión de isquiotibiales

Este tópico fue propuesto en forma empírica durante muchos años, en donde se planteaba que el acortamiento de este grupo muscular o el déficit de flexibilidad era un importante factor de riesgo lesional, pero 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 ⁽⁵⁾ determinaron interesantemente que la reducción del ROM (Rango Óptimo de Movimiento Definir sigla dentro de este paréntesis) 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 riesgo en relación a las lesiones de este grupo muscular. Aunque autores como Witvrouw, Danneels, Asselman, D'Have & Cambier ⁽⁷²⁾, y Bradley y Portas ⁽⁹⁾, opinan lo contrario. Aunque las principales críticas realizadas a estos trabajos radican en la utilización de test estáticos para observar el ROM del isquiotibial, situación que se ale-

“Sujetos con antecedentes de lesiones en isquiotibiales presentan ángulos de pico de torque más cerrados respecto a la pierna no lesionada.”

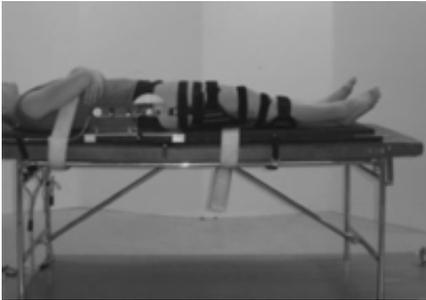


FIGURA 9. Ejemplo de test de flexibilidad activo del isquiotibial H-tests. Askling, Tengvar, Saartok, & Thorstensson, 6, p. 1800

ja de la especificidad en la cual es demandado el isquiotibial en la carrera. 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) test) (FIGURA 9) con 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.

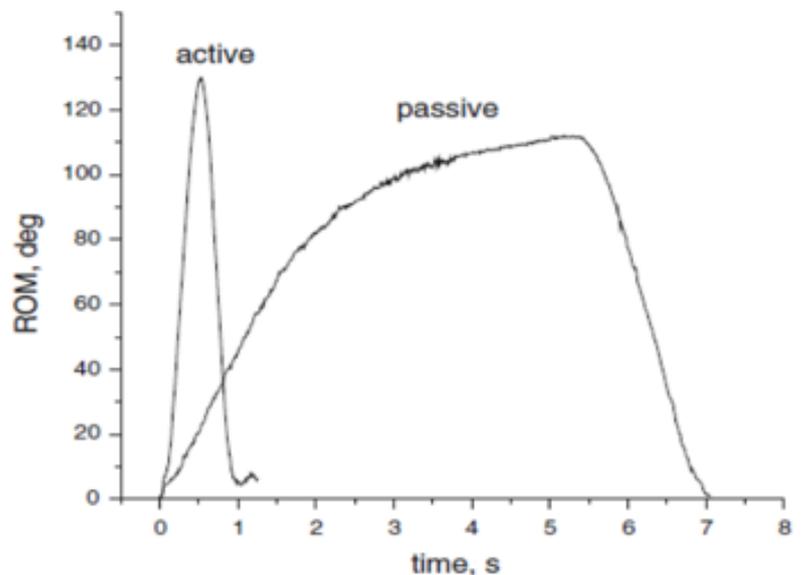


FIGURA 10. Comportamiento del ROM activo y pasivo de los isquiotibiales. Askling et al., 6, p. 1801

Por otro lado, Arnasson ⁽⁴⁾ realizó 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. ⁽⁶²⁾, 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 ⁽²²⁾, la tendencia actual nos muestra que el entrenamiento excéntrico de este grupo muscular resulta más efectivo a la hora de prevenir lesiones ^(4, 39, 48).

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. De todas maneras, 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. Debido a que como describieron Chumanov, Heiderscheit y Thelen ⁽¹⁷⁾, y Schache, Blanch, Rath, Wrigley y Bennell ⁽⁵⁶⁾, la influencia de los flexores de cadera contralaterales presentan una gran influencia en la tensión sobre el isquiotibial y esta influencia se incrementa a medida que se incrementa la velocidad de la carrera (véase **Figura 11**).

De todas maneras, 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

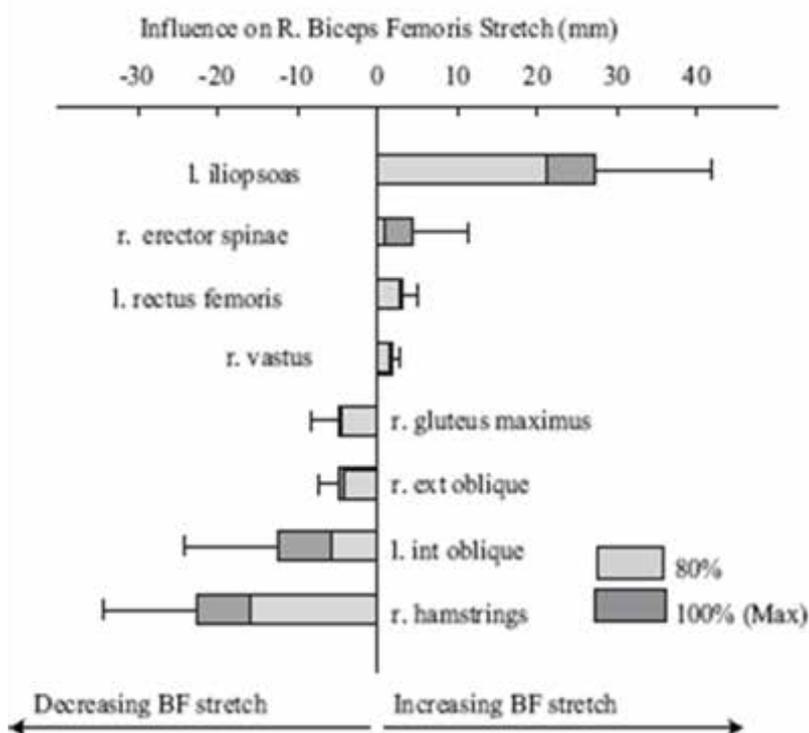


FIGURA 11. Influencia individual de los diferentes grupos musculares en el estiramiento de los isquiotibiales en la carrera a diferentes porcentajes de velocidad Chumanov, et al (17) p 3560

“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.”

del riesgo lesional de los isquiotibiales, no se podría transferir inferencias encontradas en valoraciones estáticas a situaciones dinámicas y de alta velocidad [28]. En este sentido, probablemente los ratios de fuerza con flexores de cadera/excéntrico de isquiotibiales puedan arrojar mayores inferencias.

¿Qué factores de riesgo extrínsecos para la lesión de isquiotibiales presentan una importancia influyente a considerar?

Nivel de competencia

Algunos trabajos, como el de Verrall, Slavotinek y Barnes (69), expresan que el nivel de competencia, por ejemplo en fútbol australiano, 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 mayor nivel.

Competencia vs. Entrenamiento

Está comprobado que el riesgo de sufrir una lesión de isquiotibiales es mayor en competencias que en entrenamientos. La probabilidad de sufrir una lesión de isquiotibiales en competencia comparada con la probabilidad de sufrir una lesión de isquiotibiales en entrenamiento es diez veces mayor en deportes de alto riesgo para este grupo muscular como el fútbol o el fútbol australiano (69). 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 de isquiotibiales que los forwards (12). En fútbol, los mediocampistas son los que más riesgo tienen de sufrir una lesión de isquiotibiales (5). La explicación de este punto es la utilización de los jugadores más rápidos en dichos puesto y por ende los jugadores con mayor riesgo de sufrir lesiones de isquiotibiales altamente asociadas al sprint, como explicábamos.

Calentamiento insuficiente

El pobre calentamiento como factor de riesgo isquiotibial es una afirmación casi unánime, probablemente 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.

¿Cuál es el abordaje preventivo en la lesión de isquiotibial?

Está claro por lo analizado hasta este punto que la lesión muscular de isquiotibiales presenta una característica multifactorial. Ahora bien si lo que debemos considerar es que si bien desde la postura clásica de que el mecanismo lesional principal es la tensión excéntrica en la fase final del balanceo en la carrera y con directa relación con las carreras a alta velocidad o sprint, en especial en los deportes de dinámica intermitente (como analizamos en el apartado mecanismos lesional sin considerar los últimos planteamientos), los factores de riesgo intrínsecos que transforman a un deportista en susceptible de sufrir esta lesión son diversos y variados^(17; 56; 57 71).

¿Es el entrenamiento excéntrico la única medida?

Como analizamos en apartados anteriores, en la literatura existe una gran número de aportes que analizan los factores de riesgo asociados a la lesión isquiotibial^(4, 14, 20, 21, 28, 31, 45, 50) en donde se destacan, entre otros, los déficit en las relaciones de fuerza concéntricas y excéntricas entre antagonistas (isquiotibiales/cuádriceps) y los déficit de fuerza excéntrica de los isquiotibiales, así como la influencia de la fatiga sobre la fuerza excéntrica de los isquiotibiales y su relación con el incremento del riesgo. Por lo que una de las primeras medidas preventivas propuestas para este grupo muscular es la aplicación de entrenamiento excéntrico de manera de generar un efecto protector sobre este para las mismas acciones que se reconocen como potencialmente riesgosas. El primer trabajo que determinó que la aplicación de entrenamiento excéntrico de baja carga y volumen como estrategia preventiva eficiente fue el de Arnason, Andersen, Holme, Engebretsen y Bahr⁽⁴⁾, que utilizaban el curl nórdico (**figura 12**) como ejercicio preventivo eficaz por encima de estrategias de flexibilidad en la reducción de la incidencia de lesiones de isquiotibiales. En este trabajo de Arnason et al.⁽⁴⁾, de los trabajos más citados en este campo, se planteó un entrenamiento incremental progresivo con este ejercicio por diez semanas comenzando con solo un estímulo semanal de 2*5 repeticiones en la semana uno y progresando hacia tres estímulos semanales de 3*12-10-8 repeticiones de las semanas cinco en adelante se logró una reducción del 57 % de lesiones de isquiotibiales en comparación con los equipos que no utilizaban este ejercicio. Según el análisis de diferentes autores, es probable que la aplicación de entrenamiento excéntrico genere un daño muscular por estrés y que el músculo responda a este daño producido por las acciones excéntricas de baja carga y alta velocidad en los ángulos más abiertos, modificando el APT (Angulo de pico de Torque) a ángulos más abiertos. Se teoriza que esta adaptación se debe a un incremento el número de sarcómeros en series sin cambiar la longitud de la fibra^(11, 15, 42, 54).



FIGURA 12. Ejercicios de curl nórdico. [Imagen intitulada de curl nórdico]. Extraída de <http://goo.gl/dE4Hx6>

En este sentido recientemente el grupo de investigación de Timmis et al ^(65,66) encontró que la aplicación de entrenamiento excéntrico modifica la longitud del fascículo en especial de la porción larga del bíceps femoral, y en mayor medida con la inclusión del curl nórdico ⁽⁸⁾, así como un incremento en la fuerza excéntrica medida con el dispositivo diseñado por este mismo grupo de investigación ⁽⁵⁰⁾.

¿Es el curl nórdico el único ejercicio posible?

De acuerdo a lo que venimos analizando la mayoría de los estudios en relación a la utilización del ejercicio excéntrico de los isquiotibiales utilizaron el curl nórdico como ejercicio por su simplicidad de ejecución, la no necesidad de utilización de equipamiento y su documentado impacto tanto en la arquitectura del mismo como en la capacidad de producir fuerza excéntrica ⁽⁶⁶⁾. Esto resuelve en parte dos factores de riesgo importantes de esta lesión la presencia de fascículos cortos de la porción larga del bíceps femoral (por presencia de lesión previa, por característica individual del sujeto o por trascurso de la temporada) ⁽⁵⁰⁾.

También vale destacar que esta como las demás medidas preventivas tiene mayor o menor sensibilidad de acuerdo a la adherencia que exista con el programa de intervención y su frecuencia de aplicación ⁽³⁰⁾. Por otro lado, un aspecto a tener en cuenta y revisar puede ser el momento de la sesión, donde es más pertinente colocar el curl nórdico. Según Small, McNaughton, Greig y Lovell ⁽⁶⁰⁾ esta resultará más efectiva en cuanto a las adaptaciones provocadas cuando es colocada al final de la sesión de entrenamiento, en especial por las modificaciones arquitectónicas potenciadas en este momento de la sesión ⁽⁴¹⁾.

Lo expuesto en los párrafos anteriores también está sustentado en los efectos epidemiológicos de la aplicación del curl nórdico en la reducción de la incidencia lesional del isquiotibial como en el trabajo precursor de Arnarnson et al ⁽⁴⁾, como en otros como trabajos en jugadores de fútbol según la reciente revisión de Al Attar et al ⁽²⁾.

Varias consideraciones deberíamos hacer de manera crítica sobre este enunciado. En primer lugar pocos estudios de calidad metodológica alta soportan esta idea. En segundo lugar la mayoría de las comparaciones realizadas sobre controles que no realizan ningún ejercicio preventivo o solo flexibilidad o entrenamiento puramente concéntrico, En tercer lugar otro ejercicio como la extensión de cadera en banco consiguió efectos similares. Por ultimo muchos de los estudios bien diseñados que obtuvieron resultados significativos en la reducción de la tasa lesional del isquiotibial utilizaron al curl nórdico dentro de un programa general con otras intervenciones como el FIFA 11+ lo imposibilita acreditar a este solo ejercicio la disminución específica de esta tasa lesional.

Por lo que si bien el curl nórdico presenta muchas ventajas y se le atribuyen adaptaciones tanto arquitectónicas como funcionales que influyen positivamente en la disminución de la tasa lesional en futbolistas, estas deben ser tomadas con cuidado y no debe entenderse a este ejercicio como el único

y exclusivo medio para disminuir la incidencia de lesiones de isquiotibiales en futbolistas y en caso de aplicarlo este ejercicio ha respondido favorablemente cuando la dosis ha sido la correcta.

¿Qué importancia le podemos asignar a la estabilidad del CORE en prevención de lesiones musculares?

Otro aspecto a considerar es el de las relaciones de la estabilidad lumbopélvica en la carrera y la lesión de isquiotibiales. Se ha postulado que la lesión previa, la fatiga y ciertos desbalances de longitud por ejemplo en el psoas o de déficit de activación, por ejemplo, en el glúteo mayor, pueden ocasionar un incremento de la demanda excéntrica del isquiotibial en la carrera [13; 17; 59]

Parecería que una pobre estabilidad lumbopélvica podría afectar a la biomecánica del isquiotibial y colocarlo en situación de estrés y este ser promotor de la lesión. Por lo que, de acuerdo a autores como Heiderscheit, Sherry, M. A., Silder, A., Chumanov, E. S. & Thelen, [35] y Sherry, Best, Silder, Thelen y Heiderscheit [58], se debe proponer en el enfoque preventivo la integración de la activación de isquiotibial a la estabilidad del core en ejercicios integrales y funcionales que exijan tanto la activación, de ser posible activación excéntrica o estiramiento activo del isquiotibial a la estabilidad lumbopélvica. Así como la correcta normalización de la longitud de las cadenas flexoras de la cadera, que pueden generar tanto inhibiciones como influir negativamente en la demanda excéntrica del isquiotibial [17]. (FIGURA 13).

En este punto me gustaría incluir también la correcta normalización de la activación del glúteo mayor e isquiotibial en la extensión de cadera y la necesidad de incluir especial atención en el refuerzo muscular de este grupo muscular pensándolo como principal protector del isquiotibial en las acciones de sprint evitando que el mismo se sobrecargue en demasía en la extensión e la carrera limitando por fatiga su función de frenado de la tibia en el balanceo de la carrera.

¿Y la flexibilidad como elemento preventivo?

No existe demasiado consenso en la aplicación del entrenamiento de la flexibilidad como tal en la disminución de la incidencia de lesiones de este grupo muscular, probablemente se debe a la falta de una asociación fuerte en relación a este aspecto como factor de riesgo [44].

De todas maneras, es probable que el entrenamiento de la flexibilidad de otros grupos musculares como los flexores de cadera, que afectan la cinemática de la carrera y aumentan el estrés excéntrico de los isquiotibiales, sea pertinente si planteamos un enfoque preventivo integral.

Resulta relevante en este punto ahondar sobre los efectos de otras técnicas de entrenamiento de la flexibilidad que podrían contribuir en un enfoque integral de prevención de lesiones como la inhibición miofacial auto-dirigida o el estiramiento de los isquiotibiales aboliendo la tensión neural [53].



FIGURA 12. Ejercicios de curl nórdico. [Imagen intitolada de curl nórdico]. Extraída de <http://goo.gl/dE4Hx6>

“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.”

Nuestra propuesta. Enfoque integral de la prevención de lesión muscular de isquiotibiales

A continuación brindamos nuestra propuesta para la prevención de lesiones de isquiotibiales que tiene como principio regulador una mirada integral tanto de los factores de riesgo antes expuestos como de las posibilidades de intervención.

Nuestra línea de pensamiento que puede direccionar, a grandes rasgos, las intervenciones se basa en que las acciones similares al mecanismo lesional repetidas como en las acciones de sprint, actuando sobre sujetos no adaptados correctamente a este tipo de acciones, fatigados o con déficit impuestos o consecuentes de lesiones previas, podrían ser promotoras del daño o lesión muscular mayor (este punto se refiere a la lesión con alteración anatómico, distensiones, desgarros). Por lo que, para disminuir el riesgo de sufrir lesiones de isquiotibiales, deberíamos influir positivamente sobre la fatiga, la producción de fuerza isométrica explosiva y excéntrica del isquiotibial y las posibles adaptaciones arquitectónicas de este, sobre los modificadores de la cinemática de la pelvis en la carrera y el entrenamiento y adaptación sobre las acciones de sprint y relacionadas.

Con respecto a aspectos más específicos de la biomecánica del isquiotibial, parece claro que las aplicaciones de entrenamiento excéntrico de baja carga y alta velocidad de ejecución en ángulos abiertos del ROM podría colaborar en forma positiva en la protección de este grupo muscular, estas no deberían reducirse a la sola utilización de un ejercicio para este fin, sino que al diseño de ejercicios que estresen de manera funcional e integral a este grupo muscular, lo que redundarán en mayores beneficios⁽¹⁹⁾. (Ejemplo: peso muerto a una pierna, estocadas con desaceleraciones excéntricas en posición de puente a un pie en decúbito supino, etc.). También en esta línea de pensamiento hemos aplicado entrenamiento con foco isométrico explosivo en ROM finales del isquiotibial tanto en posición relativo a la fase final del balanceo en la carrera como en extensión completa.

Otro aspecto a considerar es el de las relaciones de la estabilidad lumbopélvica en la carrera y la lesión de isquiotibiales así como la participación y fuerza del glúteo mayor en esta cadena cinemática de movimiento. Como planteábamos en párrafos anteriores, debe ser tenida en cuenta y abordada de manera integral, de manera que no solo se estimule al isquiotibial, sino integrado a su cadena de movimiento y a su sinergia estabilizadora en el core.

También en nuestra línea de pensamiento y enfoque sabiendo que la fatiga se transforma en un potenciador de otros factores de riesgo como la lesión previa y sus consecuencias, las acciones que intenten contrarrestarlas actuarán también como promotoras de la prevención. La utilización de todas aquellas medidas que aseguren una correcta recuperación pos-esfuerzo estará colaborando con la prevención. Una de las que podemos mencionar en este sentido es, por ejemplo, las inmersiones

en agua fría (o IAF) luego de actividades promotoras del daño muscular adaptativo.

Finalmente, el entrenamiento específico de variables que colaboran tanto con la fatiga local como en generar adaptaciones positivas sobre esta musculatura también aportará a la prevención de lesiones; es decir que si nuestros deportistas están adaptados a la multiplicidad de gestos que demandan biomecánicamente al isquiotibial durante un juego, seguramente este estará más preparado para tolerar esta demanda y disminuirá el impacto de estas acciones imprevistas sobre él.

Conclusión

- Tanto la arquitectura como la función del isquiotibial juegan un papel fundamental tanto en el mecanismo lesional como en la protección de la misma.
- Si bien existe consenso en que fase de la carrera a alta velocidad se produce el mecanismo lesional no se debería asignar con total seguridad que en este momento el componente contráctil del isquiotibial está acción excéntrica.
- Los factores de riesgo intrínseco son variados y complejos así como su interacción que potencian o disminuyen el riesgo lesional.
- Las intervenciones preventivas que más se ha propuesto son la del curl nórdico, que genera adaptaciones tanto arquitectónicas como funcionales.
- La disminución de la tasa lesional si bien ha sido reportada en varios estudios sigue siendo un problema que no puede resolverse con la aplicación de un solo ejercicio.
- El programa preventivo según nuestra mirada debe presentar una mirada multifactorial que justifica las intervenciones integrales. ●

Bibliografía

1. 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; 231
2. Al Attar Wesam Saleh A, Soomro Najeebullah, Sinclair Peter J., Pappas Evangelos., Sanders Ross H (2017) Effect of Injury Prevention Programs that Include the Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injury Rates in Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis *Sports Med* 47:907-916
3. Andrews, W., Dawson, B., & Steward, G. (2005). Effect of repeated spring on hamstring quadriceps torque ratios. *Science and Football V*. Lugar: Routledge.
4. Arnason A., Andersen, T., Holme, I., Engebretsen L., & Bahr R. (2008). Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scand J Med Sci Sports*, 18(1):40-8
5. Arnason, A., Sigurdsson S., Gudmundsson A., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Risk Factors for Injuries in Football. *Am J Sports Med*, 32(1 Suppl), 5S-16S.
6. Askling, C. M., Tengvar, M., Saartok, T., & Thorstensson, A. (2007). Acute First-Time Hamstring Strains During High-Speed Running: A Longitudinal Study Including Clinical and Magnetic Resonance Imaging Findings. *Am. J. Sports Med*, 35(2), 197-206.

7. Blazeovich AJ. (2006) Effects of physical training and detraining, immobilisation, growth and aging on human fascicle geometry. *Sports Med*;36:1003–17.
8. Bourne MN, Timmins RG, Opar DA, et al. (2018) An Evidence- Based Framework for Strengthening Exercises to Prevent Hamstring Injury. *Sports Med*;48:251–67.
9. Bradley, P. S., & Portas, M. D. (2007). The relationship between preseason range of motion and muscle strain injury in elite soccer players. *J Strength Cond Res*. Nov, 21(4), 1155-1159.
10. Brockett, C. L., Morgan, D. L. & Proske, U. (2001). Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Med Sci Sports Exerc* 33(V), 783-790.
11. Brockett, C. L., Morgan, D. L., & Proske, U. (2004). Predicting hamstring strain injury in elite athletes (Traductor). *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(3), 379-387.
12. Brooks J H M, Fuller C W, Kemp S P T, Reddin D B. (2005). Epidemiology of injuries in English professional rugby union: part 2 training Injuries. *Br J Sports Med* ;39: 39;757-766
13. Brughelli, M., & Cronin, J. (2008). Preventing Hamstring Injuries in Sport. *Strength and Conditioning Journal*, 30(1), 55-64.
14. Brughelli, M., Cronin, J., Mendiguchia, J., Kinsella, D., & Nosaka, K. (2010). Contralateral Leg Deficits in Kinetic and Kinematic Variables During Running Australian Rules Football Players With Previous Hamstring Injuries (Traductor). *J Strength Cond Res* . Sep;24(9):2539-44.
15. Butterfield, T. A., Leonard, T. R., & Herzog, W. J. (2005). Differential serial sarcomere number adaptations in knee extensor muscles of rats is contraction type dependent. *Appl Physiol*, 99(4), 1352-1358.
16. Chan, O., Del Buono, A., Best Thomas M., Maffulli, N. (2012). Acute muscle strain injuries: a proposed new classification system *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* (2012) 20:2356–2362
17. Chumanov, E. S., Heiderscheit, B. C., & Thelen, D. G. (2007). The effect of speed and influence of individual muscles on hamstring mechanics during the swing phase of sprinting. *Journal of Biomechanics*, 40(16), 3555–3562.
18. Chumanov, E. S., Heiderscheit, B. C., & Thelen, D. G. (2011). Hamstring musculo-tendon dynamics during stance and swing phases of high speed running. *MedSciSportsExerc*, 43(3), 525–532. doi:10.1249/MSS.
19. Cowell, J. F., Cronin, J., & Brughelli, M. (2012). Eccentric Muscle Actions and How the Strength and Conditioning Specialist Might Use Them for a Variety of Purposes. *Strength and Conditioning Journal*, 34(3), 35-44.
20. Croisier, J. L., Forthomme, B., Namurois, M. H., & Vanderthomme, M. (2002). Hamstring Muscle Strain Recurrence and Strength Performance Disorders. *Am. J. Sports Med*, 30(2), 199-203.
21. Croisier, J. L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M., & Ferret J. M. (2008). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *Am J Sports Med*, 36(8), 1469-1475.
22. Dadebo, B., White, J., & George, K. P. (2004). A survey of flexibility training protocols and hamstring strains in professional football clubs in England. *Br J SportsMed*, 38(4):388-94.
23. Duhig S, Shield AJ, Opar D, et al.(2016) Effect of high-speed running on hamstring strain injury risk *Br J Sports Med* ;50:1536–1540

24. Dupont, G., Nedelec, M., McCall, A., McCormack, D., Berthoin S., & Wisløff, U. D. (2010). Effect of 2 Soccer Matches in a Week on Physical Performance and Injury Rate. *Am J Sports Med*, 38(9), 1752-1758. doi: 10.1177/03635446510361236.
25. Ekstrand, J., Hägglund, M., Walden, M. (2011a). Injury incidence and injury pattern in professional football—the UEFA injury study. *Br J Sports Med*, 45(7), 553-558.
26. Ekstrand, J., Hägglund, M., Walden, M. (2011b). Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J SportsMed*, 39(6), 1226-b 1232.
27. Engebretsen, A. H., Myklebust, G., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2010). Intrinsic risk factors for hamstring injuries among male soccer players: a prospective cohort study. *Am J SportsMed*, 38(6), 1147-1153.
28. Gabbe, B. J., Finch, C. F., Bennell, K. L., & Wajswelner, H. (2005). Risk factors for hamstring injuries in community level Australian football. *Br J Sports Med*, 39, 106-10.
29. Greig, M. (2008). The Influence of Soccer-Specific Fatigue on Peak Isokinetic Torque Production of the Knee Flexors and Extensors. *Am. J. Sports Med*, 36(7), 1403-1409.
30. Goode AP, Reiman MP, Harris L, DeLisa L, Kauffman A, Beltramo D, Poole C, Le-dbetter L, Taylor AB. (2015). Eccentric training for prevention of hamstring injuries may depend on intervention compliance: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. Mar;49(6):349-56.
31. Hägglund, M., Waldén, M., & Ekstrand, J. (2006). Previous injury as a risk factor for injury in elite football: a prospective study over two consecutive seasons. *Br J SportsMed*, 40(Issue 9), 767-772.
32. Hägglund, M., Waldén, M., & Ekstrand, J. (2013). Risk Factors for Lower Extremity Muscle Injury in Professional Soccer: The UEFA Injury Study. *Am J SportsMed*, 41(2), 327-335.
33. Hawkins, R. D., & Fuller, C. W. (1999). A prospective epidemiological study of injuries in four English profesional football clubs. *Br J SportsMed*, 33(3), 196-203.
34. Hawkins, R., Hulse, M., Wilkinson, C., Hodson, A., & Gibson, M. (2001). The association football medical research programme: an audit of injuries in profesional football. *Br J Sports Med*, 35(1), 43-47.
35. Heiderscheit, B. C., Sherry, M. A., Silder, A., Chumanov, E. S., & Thelen, D. G. (2010). Hamstring Strain Injuries: Recommendations for Diagnosis, Rehabilitation, and Injury Prevention. *Journal of orthopaedic& sports physical therapy*, 40(2), 67-81
36. Junge, A., Dvorak, J., & Graf-Baumann, T. (2004). Football injuries during the World Cup 2002. *Am J Sports Med*, 32(1 Suppl), S23-S27.
37. Kellis E, Galanis N, Natsis K, et al. (2009) Validity of architectural properties of the hamstring muscles: correlation of ultrasound findings with cadaveric dissection. *J Bio-mech.*;42(15):2549-54
38. Kwah LK, Pinto RZ, Diong J, et al.(2013) Reliability and validity of ultrasound measurements of muscle fascicle length and pennation in humans: a systematic review. *J Appl Physiol*;114:761-9.
39. Lieber, R. (2002). *Skeletal muscle structure, funtion & plasticity* (2a ed). Lugar: Lippincott Williams & Wilkins.
40. Lopez V Jr, Galano GJ, Black CM, et al.(2012) Profile of an American amateur rugby union sevens series. *Am J Sports Med* ;40:179-84.
41. Lovell R, Knox M, Weston M, Sieglar JC, Brennan S, Marshall PWM. Hamstring in-

- jury prevention in soccer: Before or after training?. *Scand J Med Sci Sports*. 2017;00:1–9. <https://doi.org/10.1111/sms.12925>
42. Lynn, R., Talbot, J. A., & Morgan, D. L. (1985/1998). Differences in rat skeletal muscles after incline and decline running. *J Appl Physiol*, 85(1), 98-104.
43. Maffulli N. Chan O; Del Buono A; Best TA; (2012) Acute muscle strain injuries: a proposed new classification system. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 20:2356–2362.
44. McHugh, M. P., & Cosgrave, C. (2010). To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science In Sports*, 20(2), 169-181.
45. Mendiguchia, J., Alentorn-Geli, E., & Brughelli, M. (2012). Hamstring strain injuries: are we heading in the right direction?. *Br J Sports Med*, 46(2), 81-85. doi: 10.1136/bjism.2010.081695.
46. Mjøl̄snes, R., Arnason, A., Østhagen, T., Raastad, T., & Bahr, R. (2004). 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.
47. Mueller-Wohlfahrt H-W, Haensel L, Mithoefer K, et al. (2013) Terminology and classification of muscle injuries in sport: The Munich consensus statement *Br J Sports Med* 2013;47: 342–350.
48. Naclerio, F., Larumbe-Zabala, E., Monajati, A., & Goss-Sampson, M. (2015). Effects of two different injury prevention resistance exercise protocols on the hamstring torque-angle relationship: a randomized controlled trial. *Res SportsMed*, 23(4), 379-93. doi: 10.1080/15438627.2015.1076418.
49. Naclerio Ayllón, F. (2010). Entrenamiento deportivo: Fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes. Lugar: Panamericana.
50. Opar DA, Piatkowski T, Williams MD, et al. (2013) A novel device using the Nordic hamstring exercise to assess eccentric knee flexor strength: a reliability and retrospective injury study. *J Orthop Sports Phys Ther*;43:636–40
51. Orchard, J. W. (2001). Intrinsic and Extrinsic Risk Factors for Muscle Strains in Australian Football. *Am J SportsMed*, 29(3), 300-303.
52. Orchard, J., Marsden, J., Lord, S., & Garlick, D. (1997). Preseason hamstring muscle weakness associated with hamstring muscle injury in Australian footballers. *Am J Sports-Med*, 25(1), 81-85.
53. Orishimo, K. F., & McHugh, M. P. (2015). Effect of an eccentrically biased hamstring strengthening home program on knee flexor strength and the length-tension relationship. *J Strength Cond Res*, 29(3), 772-778.
54. Proske, U., & Allen, T. J. (2005). Damage to Skeletal Muscle from Eccentric Exercise. *Exerc. Sport Sci. Rev.*, 33(2), 98-104.
55. Rahnama, N., & Manning, L. K. (2005). Mechanisms and characteristic of injury in youth soccer. *Science and Footbal V*. Lugar: Routledge.
56. Schache, A. G., Blanch, P. D., Rath, D. A, Wrigley, T. V., & Bennell, K. L. (2005). Are anthropometric and kinematic parameters of the lumbo-pelvic-hip complex related to running injuries?. *Res Sports Med*, 13(2), 127-147.
57. Schache, A. G., Kim, H. J., Morgan. D. L., & Pandy, M. G. (2010). Hamstring muscle forces prior to and immediately following an acute sprinting-related muscle strain injury. *Gait Posture*, 32(1), 136-40.
58. Sherry, M. A., Best, T. M., Silder, A., Thelen, D. G., & Heiderscheit, B. C. (2011).

Hamstring Strains: Basic Science and Clinical Research Applications for Preventing the Recurrent Injury. *Strength and Conditioning Journal*, 33(3), 56-71.

59. Silder, A., Reeder, S. B., & Thelen, D. G. (2010). The influence of prior hamstring injury on lengthening muscle tissue mechanics. *J Biomech*, 43(12), 2254–2260.

60. Small, K., McNaughton, L., Greig, M., & Lovell, R. (2009). Effect of timing of eccentric hamstring strengthening exercises during soccer training: implications for muscle fatigability. *J Strength Cond Res*, 23(4), 1077–1083.

61. Stubbe, J., van Beijsterveldt, A. M., van der Knaap, S., Stege, J., Verhagen, E., van Mechelen, W., & Backx, F. (2014). Injuries in Professional Male Soccer Players in the Netherlands: A Prospective Cohort Study (Traductor). *Journal of Athletic Training*, 49(3), 211-216.

62. Thacker, S. B., Gilchrist, D. F. Stroup, C. D., & Kimsey, Jr. (2004). The Impact of Stretching on Sports Injury Risk: A Systematic Review of the Literature. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 36(3), 371-378.

63. Thelen, D. G., Chumanov, E. S., Sherry, M. A., & Heiderscheidt, B. (2006). Neuro-musculoskeletal Models provide insights into the mechanisms and rehabilitation of hamstring. *Strains Exercise and Sport Sciences Reviews*, 34(3), 135-141.

64. Timmins R, Shield AJ, Williams MD, et al. (2015) Biceps femoris long head architecture: a reliability and retrospective injury study. *Med Sci Sports Exerc*;47:905–13.

65. Timmins RG, Bourne MN, Shield AJ, et al. (2015) Short biceps femoris fascicles and eccentric knee flexor weakness increase the risk of hamstring injury in elite football (soccer): a prospective cohort study. *Br J Sports Med* Published Online First: 16 Dec 2015 doi:10.1136/bjsports-2015-095362.

66. Timmins, RG, Ruddy JD, Presland J, et al (2016). Architectural changes of the biceps femoris long head after concentric or eccentric training. *Med Sci Sports Exerc*;48:499–508.

67. Van Hooren Bas & Bosch Frans (2016) Is there really an eccentric action of the hamstrings during the swing phase of high-speed running? part I: A critical review of the literature, *Journal of Sports Sciences*, 35:23, 2313-2321

68. van der Horst N, Smits DW, Petersen J, et al. (2015). The preventive effect of the nordic hamstring exercise on hamstring injuries in amateur soccer players: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med*;43:1316–23.

69. Verrall, G. M., Slavotinek, J. P., & Barnes, P. G. (2005). The effect of sports specific training on reducing the incidence of hamstring injuries in professional Australian Rules football players. *Br J Sports Med*, 39(6), 363–368.

70. Woods, C., Hawkins, R., Hulse, M., & Hodson, A. (2002). The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football—analysis of preseason injuries. *Br J Sports Med*, 36(6):436-41.

71. 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 – an analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med*, 38(1), 36-41.

72. Witvrouw, E., Danneels, L., Asselman, P., D'Have, T., & Cambier, D. (2003) Muscle Flexibility as a Risk Factor for Developing Muscle Injuries in Male Professional Soccer Players A Prospective Study. *AJSM*, 31(1):41-6