

ARTÍCULO ESPECIAL

Propuesta de protocolo de prevención primaria para distensiones en los isquiosurales en futbolistas

Pau Sintés^{a,*}, Toni Caparrós^{a,b}

^a Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya (INEFC), Centre de Barcelona, Barcelona, España

^b SPARG Research Group, Universitat de Vic, Vic, Barcelona, España

Recibido el 26 de febrero de 2018, aceptado el 14 de junio de 2018

PALABRAS CLAVE

Protocolo;
Factores de riesgo;
Distensión muscular;
Fuerza excéntrica

KEYWORDS

Protocol;
Risk factors;
Strain;
Eccentric strength

Resumen

La distensión en la musculatura isquiosural, principalmente en el bíceps femoral, es la lesión más común en el fútbol. A pesar de todos los estudios realizados sobre su prevención, la incidencia no se ve reducida. Las posibles causas son la incorrecta elección de los ejercicios para el desarrollo de la fuerza y la no consideración de las interrelaciones entre los factores de riesgo. El objetivo de este artículo es revisar los factores de riesgo que expone la literatura y hacer una propuesta específica de ejercicios para su prevención en esta modalidad deportiva, en función de la localización de la activación muscular. © 2018 FUTBOL CLUB BARCELONA. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Proposal of a protocol for the primary prevention of hamstring strains in football players

Abstract

Hamstring strains, mainly in the femoral biceps, are the most common football injury. In spite of all the studies carried out on preventing these injuries, their incidence has not fallen. One of the possible causes of this is incorrect choice of strength exercises and the traditional reductionist vision that fails to consider the interrelation between risk factors. The aim of this article is to review the risk factors presented in the literature and propose a correct choice of exercises for prevention based on the location of muscle activation, as well as offering a multifactor description of risk factors.

© 2018 FUTBOL CLUB BARCELONA. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: pausintesfebrer@gmail.com (P. Sintés)

Introducción

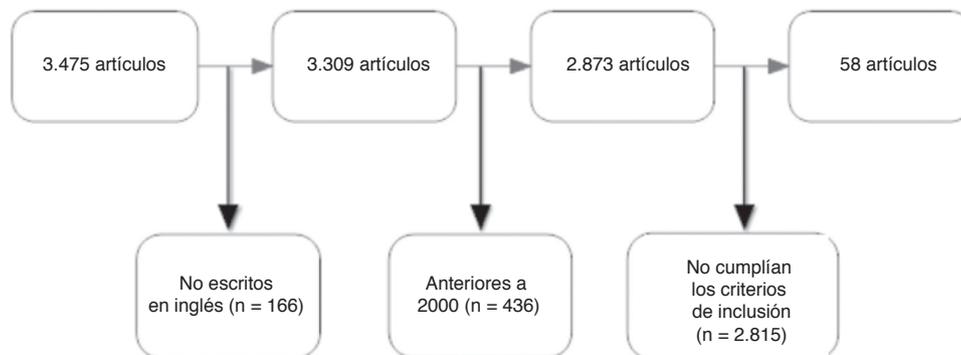
Las lesiones musculares son el principal motivo de ausencia de juego en el fútbol profesional, y se producen aproximadamente 8 por cada 1.000 horas de práctica. La incidencia es superior en los partidos que en los entrenamientos. En las últimas dos décadas las lesiones más predominantes en la elite del fútbol han cambiado, y actualmente las más comunes son las lesiones de la musculatura isquiosural, que causan una mayor pérdida de tiempo de juego que cualquier otro grupo muscular¹.

Se producen hasta 50 lesiones de todo tipo por temporada en un equipo de fútbol de 25 jugadores², y de todas las

El objetivo de este estudio es analizar los factores de riesgo en las distensiones de la musculatura isquiosural en el fútbol y la correcta selectividad de los ejercicios de fuerza para la prevención de lesiones, atendiendo a su incidencia en las diferentes porciones musculares y su localización.

Metodología

Se ha realizado una revisión bibliográfica en la base de datos PubMed con la introducción de la siguiente estrategia de búsqueda: («hamstring» OR «hamstrings») AND («injury» OR



lesiones que provocan una pérdida de tiempo de juego, las musculares representan entre un 20 i un 37%³. De estas últimas, el 65% de las lesiones se producen durante la competición, mientras que el 35% restante se originan en los entrenamientos⁴.

Las lesiones de la parte posterior del muslo son una de las principales en los futbolistas, y en la musculatura isquiosural suponen entre un 12 y un 16%^{2,3,5-7}.

Las lesiones de la musculatura isquiosural en el fútbol no tienen la misma prevalencia en una porción que en otra. Así, destacan el bíceps femoral por encima del semitendinoso y el semimembranoso⁸⁻¹⁰. En el 34,2% de las lesiones se ve afectada más de una porción⁸, y los grupos más comunes son las dos porciones del bíceps femoral (13,1%) y la porción larga del bíceps femoral con el semitendinoso (23,6%). Además, en el 10,5% de las lesiones registradas se vieron implicadas las 4 porciones, siempre en la parte proximal.

En lo relativo a su localización, también se aprecian diferencias entre lesiones miotendinosas e intramusculares, siendo la unión miotendinosa del bíceps femoral la más lesionada⁹.

El patrón típico de lesión es el resultado del estiramiento excesivo de la unidad miotendinosa, normalmente producida durante acciones de velocidad o de salto, acciones explosivas^{8,10}.

Los principales factores de riesgo que aparecen en la bibliografía¹¹ se refieren a la edad, a la lesión previa, a la flexibilidad, a la fuerza, a la estabilidad de *core*, a la fatiga y a la propia arquitectura del músculo, aunque aparecen controversias en diferentes factores. Además, se constatan otros factores independientes, como la lesión previa y la edad, sobre los que no se puede actuar¹.

«injuries» OR «prevention» OR «MRI» OR «magnetic resonance imaging» OR «risk factor» OR «eccentric strength») y anteriores al 1 de enero de 2018. De los 3.475 archivos encontrados, 166 fueron descartados por no estar redactados en lengua inglesa y 436 por ser anteriores al año 2000. De los 2.873 archivos finales se leyeron título y abstract para finalmente eliminar 2.815 por no cumplir los criterios de inclusión y seleccionar los 58 finales.

Resultados

Factores de riesgo

Se han propuesto un conjunto de factores modificables y no modificables para las distensiones musculares en los isquiosurales, incluyendo la edad, una lesión previa, etnia, desequilibrios de fuerza, flexibilidad y amplitud de movimiento (ADM) y fatiga^{1,10-14}.

Factores de riesgo no modificables

Edad

La edad es un factor de riesgo a la hora de sufrir lesiones en los isquiosurales^{1,15,16}. Cada año que cumplimos aumenta en 1,8 veces la posibilidad de tener una lesión en la musculatura isquiosural¹⁷. El aumento de la edad provoca una degeneración de la columna lumbar (L5-S1) que causa un pinzamiento del nervio del isquiosural provocando la desinervación y la pérdida de fuerza de la musculatura¹⁶. Además, el incremento de la edad va asociado a una pérdida de fuerza producida por una disminución de la masa muscular, fibras de tipo II^{14,15}.

Etnia

Tres estudios han determinado a los aborígenes y a las etnias negras africanas o caribeñas como factor de riesgo a la hora de padecer distensiones en la musculatura isquiosural^{10,18,19}. Sin embargo, solo el estudio realizado por Varrel¹⁹ ha reportado un incremento significativo de lesiones en este grupo.

Anatomía muscular

Diferentes tipos de lesión en la musculatura isquiosural están relacionados con patrones de lesión específicos²⁰⁻²². Estos estudios reportaron que las lesiones relacionadas con acciones de carrera a alta velocidad afectan mayoritariamente a la parte proximal del bíceps femoral, mientras que las lesiones por sobreestiramiento implican la porción proximal del semimembranoso. Las lesiones proximales ya ocurren cuando se produce una elevada flexión de cadera paralelamente a una extensión de rodilla²².

La prevalencia de lesiones en el bíceps femoral es mayor que en las demás porciones⁹. El pico de elongación del bíceps femoral se produce en el último momento de la fase de oscilación, y con mayor magnitud, con el incremento de la velocidad comparado con el resto de la musculatura isquiosural²³. La aponeurosis del bíceps femoral es más estrecha que la parte distal, lo que podría explicar que la longitud del fascículo aumenta durante la contracción²⁴.

Lesión previa

Diversos estudios^{1,25,26} manifiestan que una lesión previa y una inadecuada rehabilitación son un factor de riesgo importante para futuras lesiones. Entre un 12 y un 31% de las lesiones son producidas por lesiones anteriores, siendo estas más graves que las iniciales^{5,10}. Un jugador con lesión en la musculatura isquiosural aumenta 2/3 la probabilidad de volver a sufrir una lesión en la misma musculatura de la misma pierna²⁵. Los jugadores con lesiones previas tenían 3,6 veces más probabilidades de volver a lesionar²⁷. La duración de la lesión es mayor si ha habido una lesión previa: 24 días frente a 18². En un estudio el grupo de relesión mostró niveles de resistencia muscular muy bajos respecto al grupo que no se relesionó²⁸.

Además, las lesiones previas en otra musculatura también son un factor de riesgo, ya que es probable que estas provoquen cambios biomecánicos en el patrón de carrera¹⁶.

Factores de riesgo modificables

Flexibilidad y amplitud de movimiento

Actualmente en la bibliografía se pueden encontrar controversias referentes a la relación entre la flexibilidad y ADM y el riesgo de lesión.

Los jugadores lesionados reflejan una media de 6,5° menos de ADM²⁹. Otro estudio también reflejó la diferencia de ADM, tanto de forma activa como pasiva, entre los jugadores que sufrieron una lesión y los jugadores no lesionados, siendo la ADM de los lesionados menor¹⁷. Recientemente se ha demostrado que los futbolistas con una longitud de los fascículos de la porción larga del bíceps femoral menor tenían un mayor riesgo de sufrir una lesión muscular³⁰. Por otro lado, no encontraron diferencias en cuanto a la incidencia de lesión entre equipos que realizaban un protocolo

preventivo de flexibilidad y los que no, pero sí en cuanto a la severidad de la lesión³¹.

Fatiga

El mayor número de lesiones en los isquiosurales se produce entre los minutos finales de la primera parte y la segunda, lo que sugiere que la fatiga es un factor de riesgo para las lesiones musculares^{3,10}. Otros estudios también clasifican la fatiga como un factor de riesgo para la musculatura isquiosural¹¹.

El pico de fuerza producido en la fase excéntrica se veía disminuido al finalizar el partido y al descanso³². La disminución del ratio de isquiosurales excéntrico : cuádriceps concéntrico es producida porque el pico de fuerza concéntrica de los extensores de la rodilla se produce a una longitud muscular mayor, mientras que el pico de fuerza excéntrico de los flexores de la rodilla se produce a una longitud muscular menor³².

Además, la fatiga cambia la técnica de carrera en alta velocidad, disminuyendo la zancada, lo que aumenta el riesgo de lesión³³.

Debilidad lumbar y estabilidad del core

Las lesiones en la musculatura isquiosural durante el sprint pueden estar relacionadas con la realización de grandes trabajos negativos en pasos repetidos y/o como resultado de una perturbación en la coordinación de la musculatura pélvica que induce un estiramiento excesivo de los isquiosurales³⁴.

Calentamiento

Un insuficiente calentamiento también ha sido sugerido como un factor de riesgo para sufrir lesiones en la musculatura isquiosural. Un estudio determinó que el calentamiento aumenta la longitud de la musculatura isquiosural³⁵. Además, el calentamiento produce un aumento en la velocidad de estiramiento después de una transmisión nerviosa. Un calentamiento compuesto de estiramientos y ejercicios excéntricos es efectivo en la prevención de lesiones en los isquiosurales, mientras que la realización solamente de ejercicios de flexibilidad pareció no tener un efecto preventivo³¹.

Desequilibrio de fuerza

La debilidad muscular de los isquiosurales en las contracciones concéntricas o excéntricas ha sido propuesta como factor de riesgo por diferentes autores^{5,13,36}. Los desequilibrios de fuerza comprenden la debilidad del isquiosural, la asimetría entre isquiosurales y bajos ratios en la relación isquiosurales : cuádriceps.

Fuerza

Recientemente se ha demostrado que los futbolistas con menor fuerza excéntrica de los flexores de rodilla incrementaban el riesgo de sufrir una lesión muscular³⁰. Otro estudio también demostró el papel protector del trabajo de la fuerza excéntrica de los flexores de la rodilla a la hora de prevenir lesiones en la musculatura isquiosural³⁷. Este trabajo excéntrico produce un alargamiento de los fascículos musculares, un aumento de densidad muscular y una mejora de los ángulos de penación^{38,39}.

Tabla 1 Porciones más lesionadas de la musculatura isquiosural

Estudio	Año	Participantes	n	BF	SMT	SMM	BF+SMT	ALL	No espec.
¹⁰	2004	Futbolistas	749	396	116	98	-	-	139
⁸	2011	Futbolistas	38	30	12	13	9	4	-
⁹	2013	Futbolistas	31	18	9	-	-	-	4

Tabla 2 Localización de las lesiones en la musculatura isquiosural⁹

Lesión	Total	Proximal MTJ	Distal MT	Intramuscular
Bíceps femoral	18	6	9	10
Semitendinoso	9	-	-	9
Semimembranoso	-	-	-	-
No determinada	4	-	-	4

Momento del pico de fuerza máximo

En cuanto a la relación longitud-tensión, la fase descendente de la pierna supone una inestabilidad inherente; por lo tanto, cuanto más tarde se produzca el pico de fuerza máximo, menos riesgo de lesión existe⁴⁰. Esto significa que las piernas con lesiones isquiosurales previas generan más tensión que las piernas no lesionadas en una misma aADM⁴⁰. Por tanto, se sugiere que el entrenamiento para aumentar el ángulo de rodilla en el que se produce el pico de fuerza máximo de los isquiosurales resultaría en una disminución de la carga excéntrica de los mismos en la fase descendente de la pierna⁴¹.

Asimetría bilateral

Se ha propuesto que un músculo isquiosural significativamente más débil que la pierna colateral, denominada asimetría bilateral de isquiosural, puede predisponer al isquiosural más débil a un riesgo de lesión elevado⁴². Esta comparación entre piernas del propio deportista podría ser un marcador más idóneo que la comparación con la media estandarizada del grupo.

Ratio de fuerza isquiosurales : cuádriceps

El desequilibrio muscular entre isquiosurales y cuádriceps es un buen predictor para las lesiones musculares de isquiosurales⁴³. Una baja capacidad excéntrica del isquiosural para frenar la acción concéntrica del cuádriceps durante el final de la fase de balanceo es un factor de riesgo¹². Los ejercicios de fuerza excéntrica para isquiosurales como parte de la pretemporada y la temporada reducen el riesgo de sufrir una lesión muscular³¹. En un estudio en el que se analizó la asociación isquiosurales : cuádriceps y el riesgo de lesión encontró que los desequilibrios de fuerza no corregidos en los jugadores de fútbol suponen un riesgo de lesión muscular¹³. Cuanto menor sea el ratio funcional isquiosurales ex-

céntrico (excl) : cuádriceps concéntrico (conC), mayor será el riesgo de lesión²⁷. Los déficits bilaterales iguales o mayores del 20% entre excl (30°/s) y conC (240°/s) aumentan el riesgo de lesión hasta 4 veces en comparación con un perfil de fuerza normal¹³.

En cuanto a los parámetros de entrenamiento, el volumen y la intensidad son normalmente temas de debate (tablas 1-3)⁴⁴.

Selección de ejercicios para el desarrollo de la fuerza

Las lesiones en los isquiosurales pueden producirse tanto al final de la fase de vuelo como al inicio de la fase de oscilación en el suelo^{23,45-47} durante la carrera, lo que hace rele-

**Figura 1** Curl femoral excéntrico (posición inicial).**Figura 2** Curl femoral excéntrico (posición final).

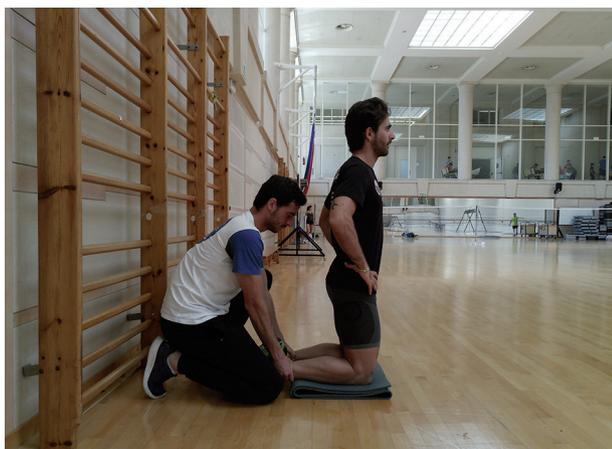
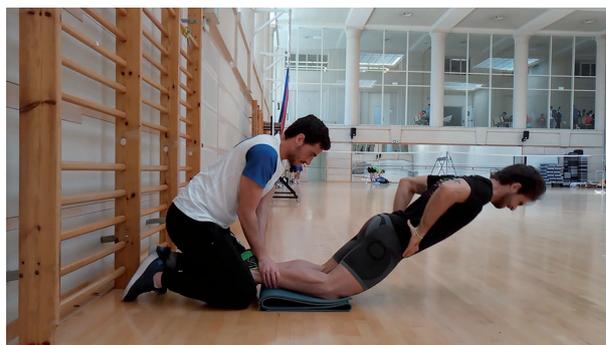
Tabla 3 Ejercicios para trabajar la fuerza de la musculatura isquiosural como método de prevención primaria

Ejercicio	Porción	Proximal	Medial	Distal	Cadena cinética	Evidencias
Curl femoral excéntrico	BFL	+	++	++	Abierta	48,50,54
	BFs	++	++	++		
	ST	++	++	++		
	SM		++			
Nórdico para isquiosurales	BFL			+	Cerrada	50,54-56
	BFs	++	++	++		
	ST	++	++	++		
	SM					
Cinturón ruso peso muerto	BFL	+	+	+	Cerrada	50,52,54
	BFs	+		+		
	ST	++	++	+		
	SM	++	+	+		
Catapulta para isquiosurales (polea cónica)	BFL	++	+		Abierta	50,54
	BFs					
	ST	+	++			
	SM	+	+	+		

vante la incorporación de ejercicios de cinética tanto abierta como cerrada en la prevención de lesiones. En el momento en que puede producirse la lesión, sus diferentes localizaciones (proximal, medial distal) deben ser entrenadas. Por otro lado, la no activación uniforme de las porciones de los isquiosurales durante diferentes ejercicios^{48,49} sugiere la utilización de ejercicios diversos.

Los ejercicios que implican una flexión o resistencia a la extensión de rodilla involucran la participación del semitendinoso y del bíceps femoral^{50,51}, mientras que los ejercicios que realizan una extensión o resistencia a la flexión de cadera implican el semitendinoso, la porción larga del bíceps femoral y el semimembranoso^{50,52}.

Esta activación en cada uno de los ejercicios puede verse variada en función de la posición de los pies. Así, con una rotación externa activa de los pies los isquiosurales laterales (bíceps femoral) se ven más activados, mientras que una rotación interna de los pies produce una mayor activación de los isquiosurales mediales (semitendinoso y semimembranoso)⁵³.

**Figura 3** Nórdico para isquiosurales (posición inicial).**Figura 4** Nórdico para isquiosurales (posición final).

El principal momento en que se producen distensiones isquiosurales es en la carrera, en el momento previo a apoyar el pie en el suelo y en el chut^{10,15}.

Aplicación práctica

Atendiendo a la literatura revisada, se proponen los siguientes ejercicios para trabajar la fuerza de la musculatura isquiosural como método de prevención primaria.

El curl femoral excéntrico (figs. 1 y 2) ha sido escogido por la activación a nivel distal del bíceps femoral y semitendinoso, y la activación proximal de la porción corta de bíceps femoral y semitendinoso. El nórdico para isquiosurales (figs. 3 y 4) se ha seleccionado por el trabajo a nivel proximal y distal de la cabeza corta del bíceps femoral y semitendinoso. El cinturón ruso peso muerto (figs. 5 y 6) se ha escogido por el trabajo proximal de semitendinoso y semimembranoso. Por último, la catapulta para isquiosurales (figs. 7 y 8) ha sido escogida principalmente por la activación proximal de la cabeza larga del bíceps femoral.



Figura 5 Cinturón ruso (posición inicial).



Figura 6 Cinturón ruso (posición final).

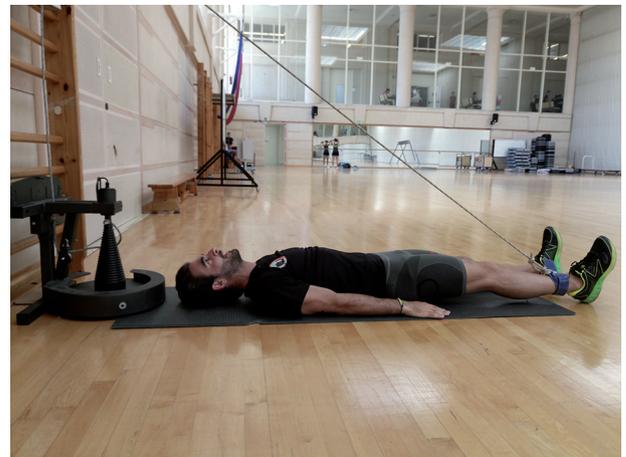


Figura 7 Catapulta para isquiosurales (polea cónica) (posición inicial).



Figura 8 Catapulta para isquiosurales (polea cónica) (posición final).

Su protocolización se define atendiendo a los siguientes parámetros comunes, que deben adaptarse individualmente a cada deportista y atendiendo a los factores de riesgos específicos definidos anteriormente. La programación de ejercicios consta de dos rutinas semanales. La rutina 1 se trabaja en el gimnasio con el curl femoral y la catapulta para isquiosurales, mientras que la rutina 2 se desarrolla en el campo con el nórdico para isquiosurales y el cinturón ruso. La carga de trabajo consta de 2 series de 6 repeticiones (2×6) por ejercicio^{57,58}. En periodos de carga (pretemporada) se realizan las dos rutinas, mientras que en periodos competitivos (temporada) se realizará solo la rutina 2, con la intención de evitar la aplicación ejercicios de fuerza excéntrica de alta intensidad o duración en periodos competitivos, atendiendo a que sus afectos secundarios de dolor muscular y déficit de fuerza podrían reducir el rendimiento⁴⁴. Estas rutinas deberían ser incluidas en un protocolo de carácter multifactorial⁵⁷ y completadas con ejercicios de estabilidad del core y ADM.

Conclusiones

Las distensiones musculares en el isquiosural son multifactoriales, ya que no dependen de un único factor, aunque la fuerza puede ser un factor con gran peso⁵. Eso sugiere que un efectivo programa de prevención de lesiones en la musculatura isquiosural en el fútbol debe actuar de manera específica e individualizada sobre todos los factores modificables.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Arnason A, Sigurdsson SB, Gudmundsson A, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. Risk factors for injuries in football. *Am J Sports Med.* 2004;32:5-16.
2. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Injury incidence and injury patterns in professional football: The UEFA injury study. *Br J Sports Med.* 2009;45:553-8.
3. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med.* 2011;39:1226-32.
4. Ekstrand J, Waldén M, Hägglund M. Hamstring injuries have increased by 4% annually in men's professional football, since 2001: A 13-year longitudinal analysis of the UEFA Elite Club injury study. *Br J Sports Med.* 2016;50:731-7.
5. Croisier J. Factors associated with recurrent hamstring injuries. *Sport Med.* 2004;34:681-95.
6. Dauty M, Collon S. Incidence of injuries in French professional soccer players. *Int J Sports Med.* 2011;32:965-9.
7. Hägglund M, Waldén M, Ekstrand J. Risk factors for lower extremity muscle injury in professional soccer: The UEFA injury study. *Am J Sports Med.* 2013;41:327-35.
8. Cohen SB, Towers JD, Zoga A, Irrgang JJ, Makda J, Deluca PF, et al. Hamstring injuries in professional football players: Magnetic resonance imaging correlation with return to play. *Sports Health.* 2011;3:423-30.
9. Petersen J, Thorborg K, Nielsen MM, Skjødt T, Bolving L, Bang N, et al. The diagnostic and prognostic value of ultrasonography in soccer players with acute hamstring injuries. *Am J Sports Med.* 2013;42:399-404.
10. Woods C, Hawkins RD, Maltby S, Hulse M, Thomas A, Hpdson A. The football association medical research programme: An hamstring injuries in professional football – analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med.* 2004;38:36-41.
11. Mendiguchia J, Alentorn-Geli E, Brughelli M. Hamstring strain injuries: Are we heading in the right direction? *Br J Sports Med.* 2011;46:1-6.
12. Croisier J-L, Forthomme B, Namurois M-H, Vanderthommen M, Crielaard J-M. Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *Am J Sports Med.* 2002;30:199-203. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11912088>
13. Croisier J-L, Ganteaume S, Binet J, Genty M, Ferret JM. Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: A prospective study. *Am J Sports Med.* 2008;36:1469-75. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18448578>
14. Gabbe BJ, Bennell KL, Finch CF, Wajswelner H, Orchard JW. Predictors of hamstring injury at the elite level of Australian football. *Scand J Med Sci Sport.* 2006;16:7-13.
15. Gabbe BJ, Finch CF, Bennell KL, Wajswelner H. Risk factors for hamstring injuries in community level Australian football. *Br J Sports Med.* 2005;39:106-10.
16. Orchard JW. Intrinsic and extrinsic risk factors for muscle strains in Australian football. *Am J Sports Med.* 2001;29:300-3.
17. Henderson G, Barnes CA, Portas MD. Factors associated with increased propensity for hamstring injury in English Premier League soccer players. *Sports Medicine Australia. J Sci Med Sport.* 2010;13:397-402. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.08.003>
18. Brooks JHM, Fuller CW, Kemp SPT, Reddin DB. Incidence, risk, and prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union. *Am J Sports Med.* 2006;34:1297-306.
19. Verrall GM, Slavotinek JP, Barnes PG, Fon GT, Spriggins AJ. Clinical risk factors for hamstring muscle strain injury: A prospective study with correlation of injury by magnetic resonance imaging. *Br J Sports Med.* 2001;35:435-40.
20. Askling CM, Tengvar M, Saartok T, Thorstensson A. Acute first-time hamstring strains during slow-speed stretching: Clinical, magnetic resonance imaging, and recovery characteristics. *Am J Sports Med.* 2007;35:197-206. Disponible en: <http://ajs.sagepub.com/lookup/doi/10.1177/0363546507303563>
21. Askling C, Saartok T, Thorstensson A. Type of acute hamstring strain affects flexibility, strength, and time to return to pre-injury level. *Br J Sports Med.* 2006;40:40-4 [consultado 13 Abr 2017]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2491922/pdf/40.pdf>
22. Askling CM, Tengvar M, Saartok T, Thorstensson A. Proximal hamstring strains of stretching type in different sports: Injury situations, clinical and magnetic resonance imaging characteristics, and return to sport. *Am J Sports Med.* 2008;36:1799-804.
23. Thelen DG, Chumanov ES, Hoerth DM, Best TM, Swanson SC, Li L, et al. Hamstring muscle kinematics during treadmill sprinting. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37:108-14.
24. Rehorn MR, Blemker SS. The effects of aponeurosis geometry on strain injury susceptibility explored with a 3D muscle model. *J Biomech.* 2010;43:2574-81.
25. Hägglund M, Waldén M. Previous injury as a risk factor for injury in elite football: A prospective study over two consecutive seasons. *Br J Sports Med.* 2006;40:767-72.
26. Mendiguchia J, Brughelli M. A return-to-sport algorithm for acute hamstring injuries. *Phys Ther Sport.* 2010;1:1-13. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2010.07.003>
27. Lee JWY, Mok K, Chan HCK, Yung PSH, Chan K. Eccentric hamstring strength deficit and poor hamstring-to-quadriceps ratio are risk factors for hamstring strain injury in football: A prospective study of 146 professional players Justin. *Sports Medicine Australia. J Sci Med Sport.* 2017;1:1-5. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.11.017>
28. Schuermans J, van Tiggelen D, Danneels L, Witvrouw E. Susceptibility to hamstring injuries in soccer: A prospective study using muscle functional magnetic resonance imaging. *Am J Sports Med.* 2016;20:1-10.
29. Witvrouw E, Danneels L, Asselman P, Have TD, Cambier D. Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players: A prospective study. *Am J Sports Med.* 2003;31:41-6.
30. Timmins RG, Bourne MN, Shield AJ, Williams MD, Lorenzen C, Opar DA. 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.* 2015;1:1-12. Disponible en: <http://bjsm.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bjsports-2015-095362>
31. Arnason A, Andersen TE, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. Prevention of hamstring strains in elite soccer: An intervention study. *Scand J Med Sci Sport.* 2008;18:40-8.

32. Small K, Mcnaughton L, Greig M, Lovell R. The effects of multidirectional soccer-specific fatigue on markers of hamstring injury risk. *J Sci Med Sport*. 2010;13:120-5.
33. Small K, Mcnaughton LR, Greig M, Lohkamp M, Lovell R. Soccer fatigue, sprinting and hamstring injury risk. *Int J Sports Med*. 2009;30:573-8.
34. Chumanov ES, Heiderscheit BC, Thelen DG. The effect of speed and influence of individual muscles on hamstring mechanics during the swing phase of sprinting. *J Biomech*. 2007;40:3555-62.
35. O'Sullivan K, Murray E, Sainsbury D. The effect of warm-up, static stretching and dynamic stretching on hamstring flexibility in previously injured subjects. *BMC Musculoskelet Disord*. 2009;10:1-9. Disponible en: <http://bmcmusculoskeletdisord.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2474-10-37>
36. Yeung SS, Suen AMY, Yeung EW. A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters: Preseason muscle imbalance as a possible risk factor. *Br J Sports Med*. 2009;43:589-95.
37. Askling CM, Tengvar M, Tarassova O, Thorstensson A. Acute hamstring injuries in Swedish elite sprinters and jumpers: A prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols. *Br J Sport Med*. 2014;48:532-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1136/>
38. Alonso-Fernandez D, Docampo-Blanco P, Martinez-Fernandez J. Changes in muscle architecture of biceps femoris induced by eccentric strength training with Nordic hamstring exercise. *Scand J Med Sci Sport*. 2017;28:88-94.
39. Bourne MN, Williams MD, Opar DA, al Najjar A, Kerr GK, Shield AJ. Impact of exercise selection on hamstring muscle activation. *Br J Sports Med*. 2016;51:1-9.
40. Brockett CL, Morgan DL, Proske U. Predicting hamstring strains injury in elite athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36:379-87.
41. Clark RA, Hons B. Hamstring injuries: Risk assessment and injury prevention. *Ann Acad Med Singapore*. 2008;37:341-6.
42. Zakas A. Bilateral isokinetic peak torque of quadriceps and hamstring muscles in professional soccer players with dominance on one or both two sides. *J Sport Med Phys Fit*. 2006;46:28-35.
43. Carvalho A, Brown S, Abade E. Evaluating injury risk in first and second league professional Portuguese soccer: Muscular strength and asymmetry. *J Hum Kinet*. 2016;50:19-26.
44. Malliaropoulos N, Mendiguchia J, Pehlivanidis H, Valle X, Malliaras P, Maffulli N. Hamstring exercises for track and field athletes: Injury and exercise biomechanics, and possible implications for exercise selection and primary prevention. *Br J Sports Med*. 2012;46:846-51.
45. Heiderscheit BC, Hoerth DM, Chumanov ES, Swanson SC, Thelen BJ, Thelen DG. Identifying the time of occurrence of a hamstring strain injury during treadmill running: A case study. *Clin Biomech*. 2005;20:1072-8.
46. Schache AG, Wrigley TV, Baker R, Pandy MG. Biomechanical response to hamstring muscle strain injury. *Gait Posture*. 2009;29:332-8.
47. Yu B, Queen RM, Abbey AN, Liu Y, Moorman CT, Garrett WE. Hamstring muscle kinematics and activation during overground sprinting. *J Biomech*. 2008;41:3121-6.
48. Mendiguchia J, Garrues MA, Cronin JB, Contreras B, los Arcos A, Malliaropoulos N, et al. Nonuniform changes in MRI measurements of the thigh muscles after two hamstring strengthening exercises. *J Strength Cond Res*. 2013;27:574-81. Disponible en: http://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2013/03000/Nonuniform_Changes_in_MRI_Measurements_of_the.3.aspx
49. Bourne MN, Williams MD, Opar DA, al Najjar A, Kerr GK, Shield AJ. Impact of exercise selection on hamstring muscle activation. *Br J Sports Med*. 2017;51:1021-8.
50. Fernandez-Gonzalo, Tesch PA, Linnehan RM, Kreider RB, di Salvo V, Suarez-Arrones L, et al. Individual muscle use in hamstring exercises by soccer players assessed using functional MRI. *Int J Sports Med*. 2016;37:559-64.
51. Schuermans J, van Tiggelen D, Danneels L, Witvrouw E. Biceps femoris and semitendinosus – teammates or competitors? New insights into hamstring injury mechanisms in male football players: A muscle functional MRI study. *Br J Sports Med*. 2014;48:1599-606.
52. Ono T, Higashihara A, Fukubayashi T. Hamstring functions during hip-extension exercise assessed with electromyography and magnetic resonance imaging. *Res Sport Med*. 2011;19:42-52. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&listuids=21253975>
53. Lynn SK, Costigan PA. Changes in the medial-lateral hamstring activation ratio with foot rotation during lower limb exercise. *J Electromyogr Kinesiol*. 2009;19:e197-205. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2008.01.007>
54. Mendez-Villanueva A, Suarez-Arrones L, Rodas G, Fernandez-Gonzalo R, Tesch P, Linnehan R, et al. MRI-based regional muscle use during hamstring strengthening exercises in elite soccer players. *PLoS ONE*. 2016;11:1-15.
55. Mendiguchia J, Arcos AL, Garrues MA, Myer GD, Yanci J, Idoate F. The use of MRI to evaluate posterior thigh muscle activity and damage during nordic hamstring exercise. *J Strength Conditioning Res*. 2015;27:3426-35.
56. Bourne MN, Opar DA, Williams MD, al Najjar A, Shield AJ. Muscle activation patterns in the Nordic hamstring exercise: Impact of prior strain injury. *Scand J Med Sci Sport*. 2016;26:666-74.
57. Mendiguchia J, Martinez-Ruiz E, Edouard P, Morin J-B, Martinez-Martinez F, Idoate F, et al. A multifactorial, individualized, criteria-based progressive algorithm for hamstring injury treatment. *Med Sci Sports Exerc*. 2017;49:1482-92.
58. Petersen J, Thorborg K, Budtz-Jørgensen MBNE, Hölmich P. Preventive effect of eccentric training on acute hamstring injuries in men's: A cluster-randomized controlled trial. *Am J Sports Med*. 2011;39:2296-303.