



ARTICLE ESPECIAL

Proposta d'un protocol de prevenció primària de les distensions dels isquiotibials de jugadors de futbol

Pau Sintès^{a,*}, Toni Caparrós^{a,b}

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

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

Rebut el 26 de febrer de 2018, acceptat el 14 de juny de 2018

PARAULES CLAU

Protocol;
Factors de risc;
Distensió;
Força excèntrica

KEYWORDS

Protocol;
Risk factors;
Strain;
Eccentric strength

Resum

La distensió de la musculatura isquiotibial, principalment en el bíceps femoral, és la lesió més comuna del futbol. Malgrat tots els estudis fets sobre la prevenció d'aquestes lesions, no se'n redueix la incidència. Una de les possibles causes és l'elecció incorrecta dels exercicis de força i la visió tradicional reduccionista que no considera la interrelació entre els factors de risc. L'objectiu d'aquest article és revisar els factors de risc que presenta la bibliografia i proposar una elecció específica d'exercicis de prevenció, basada en la localització de l'activació muscular, així com oferir una descripció multifactorial dels factors de risc.

© 2018 FUTBOL CLUB BARCELONA. Publicat per Elsevier España, S.L.U. Tots els drets reservats.

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 per a la correspondència.

Correu electrònic: pausintesfebrer@gmail.com (P. Sintès)

Introducció

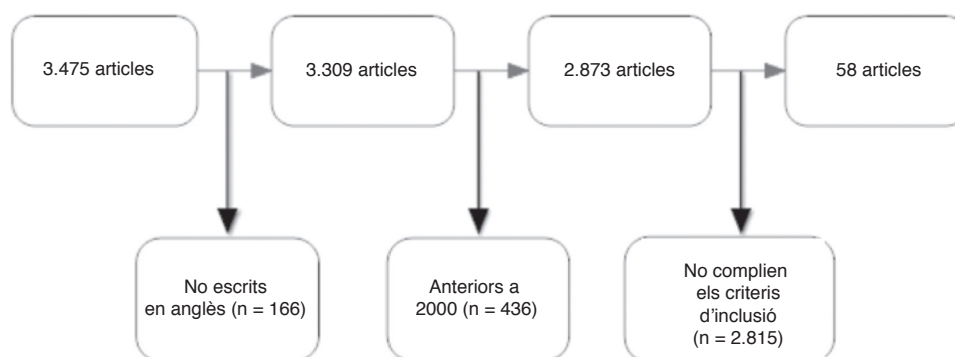
Les lesions musculars són la causa principal d'absència del joc en el futbol professional, i se'n produeixen 8 aproximadament per cada 1.000 hores de pràctica. La incidència de lesions és superior en els partits que en els entrenaments. A les darreres dues dècades les lesions més freqüents a l'esport d'elit han variat, i actualment les més comunes són les lesions de la musculatura isquiotibial, que causen més pèrdues de temps de joc que cap altre grup de músculs¹.

Fins a 50 lesions de tot tipus es produeixen per temporada en un equip de futbol compost per 25 jugadors², i de

per prevenir les lesions, segons la seva incidència i localització a les diferents porcions musculars.

Metodologia

Es realitzà una revisió bibliogràfica a la base de dades PubMed amb les estratègies de cerca següents: («hamstring» OR «hamstrings») AND («injury» OR «injuries» OR «prevention» OR «MRI» OR «Magnetic resonance imaging» OR «risk factor» OR «eccentric strength») en registres anteriors a l'1 de gener de 2018. Dels 3.475 registres localitzats, 166 van



totes les lesions que provoquen una pèrdua de temps de joc, les lesions musculars representen entre un 20 i un 37%³. D'aquestes darreres, el 65% es produeixen durant la competició, mentre que el 35% restant s'esdevé durant les sessions d'entrenament⁴.

Les lesions de la part posterior de la cuixa són una de les principals en els futbolistes, i les de la musculatura isquiotibial representen entre un 12 i un 16%^{2,3,5-7}.

Les lesions de la musculatura isquiotibial en el futbol no tenen la mateixa prevalença en una part que en una altra. Així, destaquen les del bíceps femoral per damunt de les dels músculs semitendinos i semimembranos⁸⁻¹⁰. El 34,2% de les lesions afecten més d'una part⁸, i els grups més comuns són les dues porcions del bíceps femoral (13,1%) i la porció llarga del bíceps femoral, juntament amb el semitendinos (23,6%). A més, en el 10,5% de les lesions registrades estan implicades les 4 porcions proximals.

Pel que fa a la localització, també es veuen diferències entre les lesions miotendinoses i intramusculars, essent la unió miotendinosa del bíceps femoral la més lesionada⁹.

El patró típic de lesió és el resultat d'un estirament excessiu de la unitat miotendinosa, normalment produïda durant accions de velocitat o salt, ambdues explosives^{8,10}.

Els principals factors de risc que esmenta la bibliografia¹¹ són l'edat, una lesió prèvia, la flexibilitat, la força, l'estabilitat del core, la fatiga i la pròpia arquitectura del múscul. No obstant, han sorgit controvèrsies sobre diferents factors. A més, es constaten altres factors independents, com la lesió prèvia i l'edat, sobre els que no es pot actuar¹.

Aquest estudi té per objectiu analitzar els factors de risc de les distensions de la musculatura dels isquiotibials en el futbol i com seleccionar correctament els exercicis de força

ser rebutjats perquè no estaven escrits en anglès i 436 van ser rebutjats perquè eren anteriors a l'any 2000. Es llegí el títol i el resum de 2.873 registres, posteriorment en foren eliminats 2.815 perquè no complien els criteris d'inclusió, per tant, finalment se'n seleccionaren 58.

Resultats

Factors de risc

Es proposaren un conjunt de factors, modificables i no modificables, de les distensions de la musculatura dels isquiotibials, que inclouen l'edat, una lesió prèvia, ètnia, desequilibris de força, flexibilitat, ROM i fatiga^{1,10-14}.

Factors de risc no modificables

Edat

L'edat és un factor de risc de lesió dels músculs isquiotibials^{1,15,16}. Cada any que complim augmenta en 1,8 vegades la possibilitat de tenir una lesió de la musculatura isquiotibial¹⁷. L'augment de l'edat provoca una degeneració de la columna lumbar (L5-S1) que causa un pinçament del nervi de l'isquiotibial provocant la desinnervació i pèrdua de força de la musculatura¹⁶. A més, l'increment de l'edat està associat a una pèrdua de força produïda per una disminució de la massa muscular, fibres tipus II^{14,15}.

Ètnia

Tres estudis van assenyalar els aborígens i les ètnies negres africanes o caribenyes com a factor de risc a l'hora de sofrir

distensions de la musculatura isquiotibial^{10,18,19}. Tanmateix només l'estudi realitzat per Verrall¹⁹ ha reportat un increment significatiu de lesions en aquest grup.

Anatomia muscular

Diferents tipus de lesió de la musculatura isquiotibial estan relacionats amb patrons de lesió específics²⁰⁻²². Aquests estudis van reportar que les lesions relacionades amb accions de córrer a gran velocitat afecten majoritàriament la part proximal del bíceps femoral, mentre que les lesions per sobreestirament impliquen la porció proximal del semimembranos. Les lesions proximales s'esdevenen quan es produeix una gran flexió del maluc paral·lelament a una extensió del genoll²².

La prevalença de lesions del bíceps femoral és més gran que en el cas de les altres porcions⁹. El pic d'elongació del bíceps femoral es produeix a l'últim moment de la fase d'oscil·lació, i amb una gran magnitud, amb l'increment de la velocitat comparat amb la resta de la musculatura isquiotibial²³. L'aponeurosi del bíceps femoral és més estreta que la part distal, cosa que pot explicar l'augment de la longitud del fascicle durant la contracció²⁴.

Lesió prèvia

Diversos estudis^{1,25,26} manifesten que una lesió prèvia i una rehabilitació inadequada són un factor de risc important de lesions futures. Entre un 12 i un 31% de les lesions són produïdes per lesions anteriors, essent aquestes darreres més greus que les inicials^{5,10}. Un jugador amb una lesió a la musculatura isquiotibial augmenta 2/3 la probabilitat de tornar a patir una lesió a la mateixa musculatura de la mateixa cama²⁵. Els jugadors amb lesions prèvies tenen 3,6 vegades més probabilitats de tornar-se a lesionar²⁷. La durada de la lesió és major si hi ha hagut una lesió prèvia, 24 dies respecte a 18². En un estudi, el grup relesió mostrà nivells de resistència muscular molt baixos respecte al grup que no es va relesionar²⁸.

A més, les lesions prèvies en una altra musculatura també són un factor de risc, ja que és probable que provoquin canvis biomecànics en la tècnica de córrer¹⁶.

Factors de risc modificables

Flexibilitat i ROM

Actualment és possible trobar a la bibliografia controvèrsies referents a la relació entre la flexibilitat i l'amplitud de moviment (*range of movement* [ROM]) y el risc de lesió.

Els jugadors lesionats reflecteixen una mitjana de 6,5° menys de ROM²⁹. Un altre estudi també reflectí la diferència de ROM, tant de forma activa com passiva, entre els jugadors que van patir una lesió i els jugadors no lesionats, essent el ROM dels lesionats menor¹⁷. Recentment, s'ha demostrat que els futbolistes amb una longitud dels fascicles de la porció llarga del bíceps femoral menor tenien un risc major de patir una lesió muscular³⁰. D'altra banda, no van trobar diferències pel que fa a la incidència de lesió entre equips que realitzaven un protocol preventiu de flexibilitat i els que no, tot i que hi hagué diferències en la severitat de les lesions³¹.

Fatiga

El nombre més elevat de lesions dels isquiotibials es produeix en els minuts finals de la primera o segona part. Això

suggereix que la fatiga és un factor de risc de lesió muscular^{3,10}. Altres estudis també classifiquen la fatiga com un factor de risc dels músculs isquiotibials¹¹.

El pic de força produït a la fase excèntrica es redueix quan acaba un partit i durant el descans³². La reducció dels músculs isquiotibials excèntrics : ràtio concèntrica del quàdriceps es produeix perquè el pic de força concèntrica dels extensors del genoll es produeix a una longitud muscular més llarga, mentre que el pic de força excèntrica dels flexors del genoll es produeix a una longitud muscular menor³².

La fatiga també canvia la tècnica emprada en la cursa d'alta velocitat, escurçant la gambada, la qual cosa incrementa el risc de lesió³³.

Feblesa lumbar i estabilitat del core

Les lesions de la musculatura isquiotibial, durant l'esprint, poden estar relacionades amb la realització d'un gran esforç negatiu de passes repetides i/o com a resultat d'una pertorbació en la coordinació de la musculatura pelviana que indueix un estirament excessiu dels isquiotibials³⁴.

Escalfament

També s'ha suggerit com a factor de risc de sofrir lesions de la musculatura isquiotibial un escalfament insuficient. Un estudi determinà que l'escalfament augmenta la longitud de la musculatura isquiotibial³⁵. A més, l'escalfament produeix un augment de la velocitat de l'estirament després d'una transmissió nerviosa. Un escalfament compost d'estiraments i exercicis excèntrics és efectiu en la prevenció de lesions als isquiotibials, mentre que la realització només d'exercicis de flexibilitat sembla que no tingué un efecte preventiu³¹.

Desequilibri de força

La feblesa muscular dels isquiotibials en les contraccions concèntriques o excèntriques ha estat proposada com a factor de risc per diferents autors^{5,13,36}. Els desequilibris de força comprenen la feblesa de l'isquiotibial, l'asimetria entre isquiotibials i l'escassa relació isquiotibials : quàdriceps.

Força

Recentment s'ha demostrat que els futbolistes amb una força excèntrica menor dels flexors del genoll incrementen el risc de patir una lesió muscular³⁰. Un altre estudi també demostrà el paper protector del treball de la força excèntrica dels flexors del genoll a l'hora de prevenir lesions de la musculatura isquiotibial³⁷. Aquest treball excèntric produeix un allargament dels fascicles musculars, un augment de la densitat muscular i una millora dels angles de pennació^{38,39}.

Moment del pic màxim de força

Pel que fa a la relació tensió-longitud, la fase en la qual la cama està baixant és inestable intrínsecament, de manera que a mesura que es produeix el pic de força màxim, hi ha menys risc de lesions⁴⁰. Això significa que les cames amb lesions prèvies dels músculs isquiotibials originen més tensió que les cames no lesionades en un mateix ROM⁴⁰. Per tant, se suggereix que l'entrenament per augmentar l'angle del genoll en què es produeix el pic màxim de força dels

Taula 1 Parts més comunament lesionades de la musculatura isquiotibial

Estudi	Any	Participants	n	BF	SMT	SMM	BF+SMT	Tots	No espec.
¹⁰	2004	Futbolistes	749	396	116	98	-	-	139
⁸	2011	Futbolistes	38	30	12	13	9	4	-
⁹	2013	Futbolistes	31	18	9	-	-	-	4

Taula 2 Localització de les lesions a la musculatura isquiotibial⁹

Lesió	Total	UMT proximal	MT distal	Intramuscular
Bíceps femoral	18	6	9	10
Semitendinós	9	-	-	9
Semimembranós	-	-	-	-
No determinada	4	-	-	4

músculs isquiotibials originaria una disminució de la seva càrrega excèntrica durant la fase descendent de la cama⁴¹.

Asimetria bilateral

S'ha proposat que un múscul isquiotibial significativament més feble que la cama col·lateral, denominada asimetria bilateral, pot predisposar l'isquiotibial més feble a un risc de lesió elevat⁴². Aquesta comparació entre les cames del propi esportista podria ser un marcador més idoni que la comparació amb la mitjana estandarditzada del grup.

Ràtio isquiotibials/quàdriceps

El desequilibri entre els músculs isquiotibials i el quàdriceps és un bon predictor de lesions musculars dels isquiotibials⁴³. Una capacitat excèntrica baixa de l'isquiotibial per frenar l'acció concèntrica del quàdriceps durant el final de la fase de balanç és un factor de risc¹². Els exercicis de força excèntrica per a isquiotibials, com a part de la pretemporada i la temporada, redueixen el risc de patir una lesió muscular³¹. Un estudi en què s'analitzà l'associació isquiotibials/quàdriceps i el risc de lesió trobà que els desequilibris de força no corregits en els jugadors de futbol és un risc de lesió muscular¹³. Com menor sigui la ràtio funcional isquiotibials excèntric (excl) : quàdriceps concèntric (conQ), més gran serà el risc de lesió²⁷. Els dèficits bilaterals iguals o majors de 20% entre excl (30°/s) i conQ (240°/s) augmenta el risc de lesió fins a 4 vegades en comparació amb un perfil de força normal.

Quant a paràmetres d'entrenament, el volum i la intensitat són normalment temes de debat (taules 1-3)⁴⁴.

Selecció d'exercicis per al desenvolupament de la força

Les lesions dels isquiotibials poden esdevenir-se tant al final de la fase de vol com a l'inici de la fase d'oscil·lació a terra^{23,45-47} o en córrer, la qual cosa fa rellevant la incorpo-

ració d'exercicis d'accions de cinètica oberta i tancada per prevenir lesions. En el moment en què pot produir-se la lesió, cal entrenar les diferents localitzacions (proximal, medial, distal). D'altra banda, la no activació uniforme de les porcions dels isquiotibials durant diferents exercicis^{48,49} suggereix la utilització d'exercicis diversos.

Els exercicis que impliquen una flexió o resistència de l'extensió del genoll involucren la participació del semitendinós i del bíceps femoral^{50,51}, mentre que els exercicis que realitzen una extensió o resistència a la flexió del maluc involucren el semitendinós, la porció llarga del bíceps femoral i el múscul semimembranós^{50,52}.

Aquesta activació pot variar en cada exercici en funció de la posició dels peus. Per tant, amb una rotació externa activa dels peus els isquiotibials laterals (bíceps femoral)

**Figura 1** Rull de cames excèntric (posició inicial).**Figura 2** Rull de cames excèntric (posició final).

Taula 3 Exercicis per treballar la força de la musculatura isquiotibial com a mètode de prevenció primària

Exercici	Porció	Proximal	Medial	Distal	Cinètica maluc	Evidències
Rull de cames excèntric	BFL	+	++	++	Oberta	48,50,54
	BFs	++	++	++		
	ST	++	++	++		
	SM		++			
Nòrdic per a isquiotibials	BFL			+	Tancada	50,54-56
	BFs	++	++	++		
	ST	++	++	++		
	SM					
Cinturó rus pes mort	BFL	+	+	+	Tancada	50,52,54
	BFs	+		+		
	ST	++	++	+		
	SM	++	+	+		
Catapulta per a isquiotibials (politja cònica)	BFL	++	+		Oberta	50,54
	BFs					
	ST	+	++			
	SM	+	+	+		

estan més activats, mentre que la rotació interna dels peus produeix una activació major dels músculs isquiotibials medials (semitendinós i semimembranós)⁵³.

El principal moment en què es produeixen distensions dels isquiotibials és durant la cursa, en el moment previ a recolzar el peu a terra i en xutar^{10,15}.

Aplicació pràctica

D'acord amb la bibliografia revisada, es recomanen els exercicis següents per treballar la força de la musculatura isquiotibial com a mètode de prevenció primària.

El rull de cames excèntric (figs. 1 i 2) se seleccionà perquè activa el bíceps femoral a nivell distal, i activa el cap curt del bíceps femoral i el semitendinós a nivell proximal. El nòrdic per als isquiotibials (figs. 3 i 4) se seleccionà perquè treballa a nivell proximal i distal del cap curt del bíceps femoral i el semitendinós. El cinturó rus pes mort (figs. 5 i 6) es seleccionà perquè treballa els músculs semi-



Figura 4 Nòrdic per a isquiotibials (posició final).



Figura 3 Nòrdic per a isquiotibials (posició inicial).

tendinós i semimembranós a nivell proximal. Finalment, la catapulta dels isquiotibials (figs. 7 i 8) s'escollí principalment per l'activació proximal del cap llarg del bíceps femoral.

Aquests exercicis es van protocol·litzar d'acord amb els paràmetres comuns següents, i s'han d'adaptar de manera individual a cada esportista, tenint en compte els factors de risc específics exposats més amunt. El programa d'exercicis consta de dues rutines setmanals. La rutina 1 consisteix en treball al gimnàs amb el rull de cames i la catapulta dels isquiotibials, mentre que la rutina 2 té lloc al camp amb el nòrdic per als isquiotibials i el cinturó rus. La càrrega de treball consta de dues sèries de sis repeticions (2×6) per exercici^{57,58}. En períodes de càrrega (pretemporada) es realitzen ambdues rutines, mentre que en els períodes de competició (temporada) només es realitza la rutina 2, per tal d'evitar aplicar exercicis excèntrics de força d'alta intensitat o durada en períodes de competició, degut a què els efectes secundaris de dolor muscular i déficit de força podrien reduir el rendiment⁴⁴. Aquestes



Figura 5 Cinturó rus (posició inicial).



Figura 6 Cinturó rus (posició final).



Figura 7 Catapulta per a isquiotibials (politja cònica) (posició inicial).



Figura 8 Catapulta per a isquiotibials (politja cònica) (posició final).

rutines haurien d'incloure's en un protocol de caràcter multifactorial⁵⁷ i completades amb exercicis d'estabilitat del *core* i ROM.

Conclusions

Les distensions dels isquiotibials són multifactorials perquè no depenen d'un únic factor, tot i que la força pot ser un factor molt important⁵. Això suggereix que un programa efectiu de prevenció de lesions de la musculatura isquiotibial en el futbol ha d'actuar de manera específica i individualitzada en tots els factors modificables.

Conflicte d'interessos

Els autors declaren que no tenen cap conflicte d'interessos.

Bibliografia

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, Häggglund 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, Häggglund M, Waldén M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med.* 2011;39:1226-32.
4. Ekstrand J, Waldén M, Häggglund 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. Häggglund 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 a: <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 a: <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 a: <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 a: <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 [consultat 13 Abr 2017]. Disponible a: <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. Häggglund 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 a: <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. *Sports Medicine Australia. J Sci Med Sport.* 2017;1:1-5. Disponible a: <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 a: <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 multi-directional 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, Heiderscheid 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 a: <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 a: <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. Heiderscheidt 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 a: 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 a: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=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 a: <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.