



## Artigo de Revisão

# Reabilitação nas lesões musculares dos isquiotibiais: revisão da literatura<sup>☆</sup>



Gabriel Amorim Ramos, Gustavo Gonçalves Arliani\*, Diego Costa Astur, Alberto de Castro Pochini, Benno Ejnisman e Moisés Cohen

Universidade Federal de São Paulo, Escola Paulista de Medicina, Departamento de Ortopedia e Traumatologia, São Paulo, SP, Brasil

### INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

#### Histórico do artigo:

Recebido em 4 de dezembro de 2015

Aceito em 24 de fevereiro de 2016

On-line em 12 de julho de 2016

#### Palavras-chave:

Músculo esquelético/lesões

Traumatismos em atletas

Exercícios de alongamento muscular

Modalidades de fisioterapia

#### Keywords:

Muscle skeletal/injuries

Athletic injuries

Muscle stretching exercises

Physical therapy modalities

### R E S U M O

As lesões dos isquiotibiais estão entre as mais frequentes do esporte. A alta taxa de recidivas representa um desafio para a medicina esportiva e apresenta grande impacto para atletas e clubes esportivos. O objetivo do tratamento é proporcionar ao atleta o mesmo nível funcional anterior à lesão. Dessa forma, a reabilitação funcional é muito importante para o sucesso do tratamento. Atualmente, usam-se várias modalidades fisioterápicas de acordo com o estágio da lesão: crioterapia, laserterapia, ultrassom terapêutico, terapia manual e cinesioterapia. Entretanto, as evidências da eficácia dessas modalidades nas lesões musculares ainda não estão completamente estabelecidas, devido à baixa investigação científica sobre o tema. O presente artigo apresenta uma revisão sobre a abordagem fisioterápica na reabilitação das lesões musculares de isquiotibiais.

© 2016 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

### Rehabilitation of hamstring muscle injuries: a literature review

#### A B S T R A C T

Hamstring injuries are among the most frequent in sports. The high relapse rate is a challenge for sports medicine and has a great impact on athletes and sport teams. The treatment goal is to provide the athlete the same functional level as before the injury. Thus, functional rehabilitation is very important to the success of the treatment. Currently, several physical therapy modalities are used, according to the stage of the lesion, such as cryotherapy, laser therapy, therapeutic ultrasound, therapeutic exercise, and manual therapy. However, the

<sup>☆</sup> Trabalho desenvolvido no Departamento de Ortopedia e Traumatologia, Centro de Traumatologia do Esporte, Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

\* Autor para correspondência.

E-mail: [ggarliani@hotmail.com](mailto:ggarliani@hotmail.com) (G.G. Arliani).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rbo.2016.02.006>

0102-3616/© 2016 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

evidence of the effectiveness of these modalities in muscle injuries are not fully established due to the little scientific research on the topic. This article presents an overview of the physiotherapy approach in the rehabilitation of hamstring muscle injuries.

© 2016 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## Introdução

As lesões musculares dos isquiotibiais estão entre as mais frequentes no campo da medicina esportiva.<sup>1,2</sup> Um estudo prospectivo feito por Elkstrand et al.<sup>3</sup> demonstrou que elas correspondem a 37% das lesões musculares no futebol profissional e são responsáveis por 25% das ausências dos atletas nos jogos. Outros estudos indicam que 1/3 das lesões dos isquiotibiais recidivam e que muitas dessas acontecem dentro das primeiras duas semanas após retorno ao esporte.<sup>4,5</sup> A elevada taxa de recorrência pode estar relacionada a uma combinação de fatores, como, por exemplo, reabilitação ineficaz e critérios inadequados de retorno ao esporte.

Os objetivos da reabilitação nas lesões dos isquiotibiais são: recuperar o atleta para o esporte no mesmo nível funcional anterior à lesão e retornar o atleta com um risco mínimo de recidiva.<sup>6</sup> Muitas intervenções são amplamente usadas para alcançar a plena reabilitação. Essas incluem o PRICE (Proteção, repouso, gelo, compressão e elevação) para controlar o processo inflamatório<sup>7</sup>; exercícios terapêuticos para fortalecer e recuperar a funcionalidade da musculatura<sup>8</sup>; termofototerapia para modulação da inflamação<sup>9</sup>; massagem e mobilização para realinhar e aliviar a tensão dos tecidos moles<sup>10</sup>; terapia manual articular e neural;<sup>11,12</sup> e finalmente a reabilitação funcional. No entanto, as evidências da eficácia dessas modalidades de tratamento ainda não estão completamente estabelecidas devido à baixa investigação científica sobre o tema.

Portanto, o presente estudo tem como objetivo investigar as evidências atuais sobre as abordagens fisioterápicas usadas na reabilitação das lesões dos isquiotibiais.

## Metodologia

Foi feita uma revisão da literatura nos bancos de dados Pubmed, Lilacs, Scielo e *Cochrane Databases Systematic Reviews* (*Cochrane Library*). A pesquisa usou como palavras-chave: *muscle injury*, *hamstrings injury*, *muscle strain*, *functional rehabilitation* e *physical therapy*.

Os critérios de inclusão estabelecidos para esta pesquisa foram: estudos com alta qualidade de evidências, como revisões sistemáticas, metanálises, ensaios clínicos controlados e randomizados, e literaturas clássicas com temáticas relevantes para atingir os objetivos propostos. Os critérios de exclusão foram bibliografias que não correspondiam à temática proposta.

## Classificação

Lesão muscular é caracterizada por alterações no aspecto morfológico e histoquímico que proporcionam um déficit de funcionalidade no segmento acometido.<sup>13</sup>

Existem duas importantes formas de lesão muscular na prática esportiva, o estiramento e a contusão muscular.<sup>14</sup> O estiramento é a lesão muscular mais frequente nos esportes e é classificada em: grau I, no qual ocorre ruptura estrutural mínima e retorno rápido a função normal; grau II, quando há ruptura parcial com dor e alguma perda de função; e grau III, quando há ruptura tecidual completa com retração muscular e incapacidade funcional.<sup>15</sup> Ekstrand et al.<sup>3</sup> demonstraram que os isquiotibiais são os músculos mais acometidos nesse tipo de lesão.

A outra forma é a contusão muscular, que se trata de um trauma direto resultado de forças externas, comum em esportes de contato. É caracterizada com a presença de dor, edema, rigidez muscular e restrição da amplitude de movimento.<sup>15</sup> Pode acometer qualquer músculo, mas o quadríceps e os gastrocnêmios são os mais atingidos.<sup>14</sup>

Um novo e abrangente sistema de classificação, denominado consenso de Munique, foi desenvolvido por especialistas<sup>16</sup> e distingue quatro tipos: desordem muscular funcional (tipo 1: relacionada com o esforço excessivo e tipo 2: distúrbios de origem neuromuscular). Essas desordens são caracterizadas por não apresentar evidência macroscópica de lesão na fibra muscular. E desordem muscular estrutural (tipo 3: lesões musculares parciais e o tipo 4: lesões totais ou subtotais que podem apresentar avulsão tendínea). Oferecem evidência macroscópica de lesão, isto é, dano estrutural. Subclassificações são apresentadas para cada tipo.

## Mecanismo de lesão

Dois mecanismos de lesão específicos são descritos para lesões dos isquiotibiais e parecem influenciar na localidade e severidade da lesão. Heiderscheit et al.<sup>6</sup> apresentaram em seu estudo que os isquiotibiais, durante a fase de balanço terminal da corrida, absorvem energia elástica para contrair excêntrica e promovem a desaceleração do avanço do membro na preparação do contato inicial do calcâneo. Nessa fase a musculatura se torna mais susceptível a lesões, o biceps femoral é o músculo mais acometido, por estar mais ativo em relação aos músculos semitendíneo e semimembranoso.<sup>17,18</sup>

Outro mecanismo descrito que comumente lesa a porção proximal do músculo semitendíneo é um movimento

combinado de alta potência e extrema amplitude de flexão do quadril com extensão de joelho, que biomecanicamente corresponde ao movimentos de chute, corrida com barreiras e artísticos de bailarinos.<sup>19,20</sup>

## Fatores de risco

Os fatores de riscos propostos para as lesões dos isquiotibiais são classificados em modificáveis e não modificáveis.<sup>21</sup>

Os fatores modificáveis são os desequilíbrios musculares, que incluem a relação de força do quadríceps e dos isquiotibiais do mesmo membro e a relação bilateral dos isquiotibiais.<sup>22,23</sup> Outro fator é a fadiga muscular, já que estudos demonstraram que a incidência de lesões dos isquiotibiais apresenta uma maior taxa nos últimos estágios de partidas e treinamentos competitivos, quando a musculatura está em um nível alto de fadiga.<sup>24,25</sup> O déficit de flexibilidade dos isquiotibiais também é considerado por alguns autores como um fator de risco,<sup>26,27</sup> porém é um fator contestado, pois outros estudos evidenciam que o déficit de flexibilidade não apresentou relação com a lesão.<sup>28</sup> Durante o processo de reabilitação é importante o terapeuta identificar esses fatores para que o retorno do atleta ao esporte seja mais eficaz.<sup>21</sup>

Em relação aos fatores de risco não modificáveis, destaca-se o fato de o atleta ter um histórico de lesões prévias dos isquiotibiais, que é considerado por muitos autores como o principal fator de risco para lesão muscular dos isquiotibiais.<sup>29-31</sup>

## Fisiopatologia

Jarvinen *et al.*<sup>32</sup> descreveram as fases da cicatrização das lesões musculares:

Fase 1: destruição (três a sete dias) – caracterizada pela ruptura e posterior necrose das miofibrilas, pela formação do hematoma no espaço formado entre o músculo roto e pela proliferação de células inflamatórias.

Fase 2: reparo (quatro a 21 dias) – consiste na fagocitose do tecido necrótico, na regeneração das miofibrilas e na produção concomitante do tecido cicatricial conectivo, assim como a neoformação vascular e o crescimento neural.

Fase 3: remodelação (14 dias a 14 semanas) – período de maturação das miofibrilas regeneradas, de contração e de reorganização da capacidade funcional muscular.

O fisioterapeuta necessita entender o processo de cicatrização para usar as abordagens terapêuticas no período apropriado, para conduzir de uma forma adequada a reabilitação.

## Reabilitação

### Crioterapia

A conduta tradicional nas lesões musculares agudas é descrita pela sigla PRICE, que quer dizer em inglês proteção, repouso, gelo, compressão e elevação (*Protection, Rest, Ice, Compression and Elevation*).<sup>33,34</sup> O efeito mais facilmente reconhecível da crioterapia é a redução de temperatura do tecido. De fato,

praticamente todos os efeitos que observamos na crioterapia são resultados diretos da mudança de temperatura do tecido.<sup>35</sup> Esses efeitos são: redução da perfusão, redução dos sinais inflamatórios (calor, rubor, edema e dor) e redução da taxa de metabolismo.<sup>7</sup>

Acredita-se que o objetivo mais importante da crioterapia seja a redução das taxas metabólicas do tecido resfriado. Tal redução é benéfica, pois aumenta a capacidade de um tecido sobreviver aos eventos da lesão secundária que se seguem ao trauma primário. Assim, limitamos a quantidade total de tecido lesionado, por conseguinte, reduzimos o tempo necessário para a reparação do dano e o retorno à atividade.<sup>7,36</sup>

Os autores recomendam aplicação de crioterapia por 20 minutos a cada duas horas durante o estágio agudo das lesões musculares.<sup>37</sup>

### Ultrassom terapêutico (UST)

O ultrassom terapêutico (UST) é um recurso comumente usado nas lesões musculoesqueléticas.<sup>38</sup> Segundo Backer *et al.*,<sup>39</sup> as vibrações acústicas produzidas pelo UST induzem alterações celulares que modificam o gradiente de concentração das moléculas, dos íons cálcio e do potássio, que excita a atividade celular. Esse evento pode resultar em diversas alterações, como aumento da síntese proteica, secreção de mastócitos, proliferação de fibroblastos e estímulo à angiogênese, dentre outras.

No entanto, a efetividade do UST no processo de reparo da lesão muscular ainda é muito discutida. Enquanto alguns autores encontram resultados positivos no uso do UST,<sup>40,41</sup> outros não encontram a mesma efetividade.<sup>36,42</sup> Alguns fatores, como a intensidade e a frequência do tratamento com o ultrassom e, sobretudo, a não calibração dos aparelhos e a falta de um protocolo para determinação de uma dose específica para cada indivíduo, contribuem para essa divergência de resultados.<sup>38</sup>

### Laser de baixa intensidade (LBI)

O laser de baixa intensidade (LBI) é uma fonte de luz que se diferencia das demais por ser monocromático, coerente no tempo e espaço e colimado, o que permite boa penetração tecidual.<sup>43</sup>

A grande incidência de lesões musculares tem ocasionado um aumento dos estudos relacionados a recursos fisioterápicos que estão envolvidos no processo de reparo da lesão.<sup>44</sup> Dentre os mais usados, o laser de baixa intensidade (LBI) se destaca por desencadear a produção de adenosina trifosfato (ATP),<sup>45</sup> potencializar a migração de células satélites e fibroblastos e favorecer a angiogênese.<sup>46</sup> Esses efeitos são primordiais para tornar a regeneração muscular mais efetiva e evitar a fibrose tecidual.<sup>9</sup> A conclusão da última revisão sistemática sobre o tema corrobora esses achados e evidencia os efeitos positivos do LBI sobre o processo de reparação muscular.<sup>47</sup>

### Terapia manual

É uma abordagem que consiste em avaliar e tratar o sistema articular, neural e muscular. Por meio do contato manual

estimulam-se mecanorreceptores, que produzem impulsos aferentes e causam neuromodulações no sistema nervoso central para proporcionar uma resposta analgésica e uma melhoria na função muscular e articular.<sup>48</sup>

Cibulka et al.<sup>11</sup> propuseram a hipótese de uma relação entre a lesão muscular dos isquiotibiais e as hipomobilidades da pelve. Em seu estudo foi verificado um ganho de torque na musculatura flexora e um retorno mais rápido ao esporte no grupo experimental, que recebeu um tratamento tradicional de reabilitação de lesões musculares dos isquiotibiais, com manipulações articulares da pelve durante a reabilitação. Em virtude desses fatos, o autor sugere uma avaliação pélvica detalhada em indivíduos com lesão muscular dos isquiotibiais, na qual o paciente pode se beneficiar com manipulações ou mobilizações articulares.

Outra abordagem é a mobilização neural, que consiste num conjunto de técnicas de terapia manual que permitem fazer uma mobilização e um estiramento controlados do tecido conjuntivo circundante aos nervos e do próprio nervo, o que por sua vez melhora a sua condução nervosa e mobilidade intrínseca.<sup>49</sup> Embora seja uma complicação incomum, alguns estudos descreveram que a formação do tecido cicatricial após as lesões musculares dos isquiotibiais pode causar déficit de mobilidade do nervo isquiático.<sup>12</sup> Em um recente estudo de caso, Aggen e Reuteman<sup>50</sup> relataram tal complicação em um atleta que havia sofrido uma lesão grau III dos isquiotibiais. Com o objetivo de melhorar a mobilidade neural e reduzir sua mecanossensibilidade, técnicas de deslizamento neural foram iniciadas. O tratamento conservador demonstrou-se efetivo. Os autores sugerem que as técnicas de deslizamento neural devem ser usadas quando o *Slump Test* for positivo após uma lesão muscular dos isquiotibiais.

### Exercícios terapêuticos

Um dos objetivos iniciais da reabilitação das lesões musculares é restaurar o controle neuromuscular normal e prevenir a formação da fibrose tecidual.<sup>6</sup> Exercícios terapêuticos, como o fortalecimento isométrico e movimentos ativos controlados de baixa intensidade livres de dor, são estratégias preconizadas por especialistas para atingir esses objetivos em uma fase inicial.<sup>51</sup>

Em uma fase intermediária permite-se o aumento da intensidade dos exercícios com treinamento neuromuscular em maiores amplitudes e o início do treinamento de resistência excêntrica.<sup>51</sup> Askling et al.<sup>52</sup> demonstraram a importância do fortalecimento excêntrico nas lesões dos isquiotibiais, por meio da comparação entre um protocolo com exercícios convencionais e um protocolo de exercícios que se baseiam em exercícios excêntricos com alongamento dinâmico máximo. O estudo concluiu que o protocolo de exercícios excêntricos foi mais eficaz, uma vez que proporcionou um retorno mais rápido ao esporte e uma menor taxa de recidiva. Heiderscheit et al.<sup>6</sup> salientam a importância de restaurar a flexibilidade nessa fase para promover melhor orientação das fibras durante a cicatrização. No entanto, é importante respeitar a tolerância ao alongamento do paciente.

Na fase final da reabilitação é recomendada a progressão do treinamento excêntrico e do treinamento neuromuscular de alta velocidade específico do gesto esportivo do atleta, em

preparação para o retorno ao esporte.<sup>32,51,53</sup> Sherry et al.<sup>4</sup> compararam dois programas de intervenção, um composto por exercícios específicos de alongamento e fortalecimento progressivo dos isquiotibiais e o outro composto por um treino progressivo de agilidade e estabilização lombopélvica. Os autores verificaram que o tempo de retorno ao esporte e a taxa de recidiva foram menores no grupo que fez o treinamento funcional, o que demonstrou a importância dos exercícios de agilidade e da estabilização lombopélvica durante a reabilitação. Outra estratégia indicada para melhorar a capacidade reativa do sistema neuromuscular é o treinamento pliométrico, conceituado como um exercício que ativa o ciclo excêntrico-concêntrico do sistema musculoesquelético e proporciona um ganho da capacidade mecânica, elástica e reflexa muscular.<sup>54</sup>

---

### Crítérios de retorno ao esporte

O estabelecimento de critérios objetivos para determinar o momento adequado para devolver um atleta ao esporte continua a ser um desafio e uma importante área para pesquisas futuras. Com base nas melhores evidências disponíveis,<sup>6,55,56</sup> recomenda-se que os atletas liberados para voltar às atividades esportivas sem restrições necessitam fazer habilidades funcionais (corrida, saltos, dribles) em plena velocidade sem queixas de dor ou rigidez. A flexibilidade necessita ser similar ao membro contralateral sem queixas. Ao avaliar a força, o atleta deve ser capaz de completar quatro repetições consecutivas de esforço máximo sem queixas algicas no teste de força manual de flexão de joelho. Se possível, teste de força isocinética também deve ser feito em ambas as condições de ação concêntrica e excêntrica, o pico de torque deve ter um déficit menor de 10% em relação ao lado contralateral.

---

### Considerações finais

As lesões dos isquiotibiais são comuns na população atlética e têm uma alta taxa de recorrência. Por meio de uma avaliação física completa e do entendimento do mecanismo de lesão e dos fatores de risco, o especialista em reabilitação pode determinar o tratamento mais apropriado e individualizado. A reabilitação adequada deve abordar déficits de força muscular, flexibilidade, controle neuromuscular, estabilidade lombopélvica e fortalecimento excêntrico, uma vez que esses tenham sido mostrados como importantes objetivos terapêuticos para obter um retorno bem-sucedido do atleta ao esporte e com menor risco de recidivas. Além disso, o laser de baixa intensidade aparece como um importante recurso no auxílio ao reparo da lesão. Pesquisas futuras devem incluir a avaliação da eficácia dos programas de reabilitação atuais, identificar critérios de retorno ao esporte apropriados e desenvolver estratégias de prevenção eficazes para diminuir a ocorrência das lesões.

---

### Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## REFERÊNCIAS

1. Brooks JH, Fuller CW, Kemp SP, Reddin DB. Incidence, risk, and prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union. *Am J Sports Med.* 2006;34(8):1297-306.
2. Malliaropoulos N, Isinkaye T, Tsitas K, Maffulli N. Reinjury after acute posterior thigh muscle injuries in elite track and field athletes. *Am J Sports Med.* 2011;39(2):304-10.
3. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med.* 2011;39(6):1226-32.
4. Sherry MA, Best TM. A comparison of 2 rehabilitation programs in the treatment of acute hamstring strains. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2004;34(3):116-25.
5. Orchard J, Best TM. The management of muscle strain injuries: an early return versus the risk of recurrence. *Clin J Sport Med.* 2002;12(1):3-5.
6. Heiderscheidt BC, Sherry MA, Silder A, Chumanov ES, Thelen DG. Hamstring strain injuries: recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40(2):67-81.
7. Malanga GA, Yan N, Stark J. Mechanisms and efficacy of heat and cold therapies for musculoskeletal injury. *Postgrad Med.* 2015;127(1):57-65.
8. Croisier JL, Forthomme B, Namurois MH, Vanderthommen M, Crielaard JM. Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *Am J Sports Med.* 2002;30(2):199-203.
9. Assis L, Moretti AI, Abrahão TB, de Souza HP, Hamblin MR, Parizotto NA. Low-level laser therapy (808 nm) contributes to muscle regeneration and prevents fibrosis in rat tibialis anterior muscle after cryolesion. *Lasers Med Sci.* 2013;28(3):947-55.
10. Brosseau L, Casimiro L, Milne S, Robinson V, Shea B, Tugwell P, et al. Deep transverse friction massage for treating tendinitis. *Cochrane Database Syst Rev.* 2002;(4):CD003528.
11. Cibulka MT, Rose SJ, Delitto A, Sinacore DR. Hamstring muscle strain treated by mobilizing the sacroiliac joint. *Phys Ther.* 1986;66(8):1220-3.
12. Turl SE, George KP. Adverse neural tension: a factor in repetitive hamstring strain? *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998;27(1):16-21.
13. Armfield DR, Kim DH, Towers JD, Bradley JP, Robertson DD. Sports-related muscle injury in the lower extremity. *Clin Sports Med.* 2006;25(4):803-42.
14. Ueblacker P, Muller-Wohlfahrt HW, Ekstrand J. Epidemiological and clinical outcome comparison of indirect ('strain') versus direct ('contusion') anterior and posterior thigh muscle injuries in male elite football players: UEFA Elite League study of 2287 thigh injuries (2001-2013). *Br J Sports Med.* 2015;49(22):1461-5.
15. Järvinen TA, Kääriäinen M, Järvinen M, Kalimo H. Muscle strain injuries. *Curr Opin Rheumatol.* 2000;12(2):155-61.
16. Mueller-Wohlfahrt HW, Haensel L, Mithoefer K, Ekstrand J, English B, McNally S, et al. Terminology and classification of muscle injuries in sport: the Munich consensus statement. *Br J Sports Med.* 2013;47(6):342-50.
17. 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 (Bristol, Avon).* 2005;20(10):1072-8.
18. Schache AG, Wrigley TV, Baker R, Pandy MG. Biomechanical response to hamstring muscle strain injury. *Gait Posture.* 2009;29(2):332-8.
19. 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(1):40-4.
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(10):1716-24.
21. Opar DA, Williams MD, Shield AJ. Hamstring strain injuries: factors that lead to injury and re-injury. *Sports Med.* 2012;42(3):209-26.
22. Bennell K, Wajswelner H, Lew P, Schall-Riaucour A, Leslie S, Plant D, et al. Isokinetic strength testing does not predict hamstring injury in Australian Rules footballers. *Br J Sports Med.* 1998;32(4):309-14.
23. Heiser TM, Weber J, Sullivan G, Clare P, Jacobs RR. Prophylaxis and management of hamstring muscle injuries in intercollegiate football players. *Am J Sports Med.* 1984;12(5):368-70.
24. Devlin L. Recurrent posterior thigh symptoms detrimental to performance in rugby union: predisposing factors. *Sports Med.* 2000;29(4):273-87.
25. Worrell TW, Perrin DH. Hamstring muscle injury: the influence of strength, flexibility, warm-up, and fatigue. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1992;16(1):12-8.
26. Witvrouw E, Mahieu N, Danneels L, McNair P. Stretching and injury prevention: an obscure relationship. *Sports Med.* 2004;34(7):443-9.
27. Witvrouw E, Danneels L, Asselman P, D'Have T, 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(1):41-6.
28. Bennell K, Tully E, Harvey N. Does the toe-touch test predict hamstring injury in Australian Rules footballers? *Aust J Physiother.* 1999;45(2):103-9.
29. Orchard JW. Intrinsic and extrinsic risk factors for muscle strains in Australian football. *Am J Sports Med.* 2001;29(3):300-3.
30. Hägglund M, Waldén M, Ekstrand J. Previous injury as a risk factor for injury in elite football: a prospective study over two consecutive seasons. *Br J Sports Med.* 2006;40(9):767-72.
31. 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 Sports.* 2006;16(1):7-13.
32. Järvinen TA, Järvinen TL, Kääriäinen M, Kalimo H, Järvinen M. Muscle injuries: biology and treatment. *Am J Sports Med.* 2005;33(5):745-64.
33. Swenson C, Swärd L, Karlsson J. Cryotherapy in sports medicine. *Scand J Med Sci Sports.* 1996;6(4):193-200.
34. Bleakley CM, O'Connor S, Tully MA, Rocke LG, Macauley DC, McDonough SM. The PRICE study (Protection Rest Ice Compression Elevation): design of a randomised controlled trial comparing standard versus cryokinetic ice applications in the management of acute ankle sprain [ISRCTN13903946]. *BMC Musculoskelet Disord.* 2007;8:125.
35. Zemke JE, Andersen JC, Guion WK, McMillan J, Joyner AB. Intramuscular temperature responses in the human leg to two forms of cryotherapy: ice massage and ice bag. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998;27(4):301-7.
36. Wilkin LD, Merrick MA, Kirby TE, Devor ST. Influence of therapeutic ultrasound on skeletal muscle regeneration following blunt contusion. *Int J Sports Med.* 2004;25(1):73-7.
37. Mac Auley DC. Ice therapy: how good is the evidence? *Int J Sports Med.* 2001;22(5):379-84.
38. Shanks P, Curran M, Fletcher P, Thompson R. The effectiveness of therapeutic ultrasound for musculoskeletal conditions of the lower limb: a literature review. *Foot (Edinb).* 2010;20(4):133-9.
39. Baker KG, Robertson VJ, Duck FA. A review of therapeutic ultrasound: biophysical effects. *Phys Ther.* 2001;81(7):1351-8.
40. Rantanen J, Thorsson O, Wollmer P, Hurme T, Kalimo H. Effects of therapeutic ultrasound on the regeneration of

- skeletal myofibers after experimental muscle injury. *Am J Sports Med.* 1999;27(1):54-9.
41. Karnes JL, Burton HW. Continuous therapeutic ultrasound accelerates repair of contraction-induced skeletal muscle damage in rats. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(1):1-4.
  42. Markert CD, Merrick MA, Kirby TE, Devor ST. Nonthermal ultrasound and exercise in skeletal muscle regeneration. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(7):1304-10.
  43. Baroni BM, Rodrigues R, Freire BB, Franke Rde A, Geremia JM, Vaz MA. Effect of low-level laser therapy on muscle adaptation to knee extensor eccentric training. *Eur J Appl Physiol.* 2015;115(3):639-47.
  44. Reddy GK. Photobiological basis and clinical role of low-intensity lasers in biology and medicine. *J Clin Laser Med Surg.* 2004;22(2):141-50.
  45. Shefer G, Partridge TA, Heslop L, Gross JG, Oron U, Halevy O. Low-energy laser irradiation promotes the survival and cell cycle entry of skeletal muscle satellite cells. *J Cell Sci.* 2002;115 Pt 7:1461-9.
  46. Vatansever F, Rodrigues NC, Assis LL, Peviani SS, Durigan JL, Moreira FM, et al. Low intensity laser therapy accelerates muscle regeneration in aged rats. *Photonics Lasers Med.* 2012;1(4):287-97.
  47. Alves AN, Fernandes KP, Deana AM, Bussadori SK, Mesquita-Ferrari RA. Effects of low-level laser therapy on skeletal muscle repair: a systematic review. *Am J Phys Med Rehabil.* 2014;93(12):1073-85.
  48. Bialosky JE, Bishop MD, Price DD, Robinson ME, George SZ. The mechanisms of manual therapy in the treatment of musculoskeletal pain: a comprehensive model. *Man Ther.* 2009;14(5):531-8.
  49. Beltran-Alacreu H, Jiménez-Sanz L, Fernández Carnero J, La Touche R. Comparison of hypoalgesic effects of neural stretching vs. neural gliding: a randomized controlled trial. *J Manipulative Physiol Ther.* 2015;38(9):644-52.
  50. Aggen PD, Reuteman P. Conservative rehabilitation of sciatic nerve injury following hamstring tear. *N Am J Sports Phys Ther.* 2010;5(3):143-54.
  51. Sherry MA, Johnston TS, Heiderscheit BC. Rehabilitation of acute hamstring strain injuries. *Clin Sports Med.* 2015;34(2):263-84.
  52. Askling CM, Tengvar M, Thorstensson A. Acute hamstring injuries in Swedish elite football: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols. *Br J Sports Med.* 2013;47(15):953-9.
  53. 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 Sports Med.* 2014;48(7):532-9.
  54. Chimera NJ, Swanik KA, Swanik CB, Straub SJ. Effects of plyometric training on muscle-activation strategies and performance in female athletes. *J Athl Train.* 2004;39(1):24-31.
  55. Verrall GM, Slavotinek JP, Barnes PG, Fon GT, Esterman A. Assessment of physical examination and magnetic resonance imaging findings of hamstring injury as predictors for recurrent injury. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006;36(4):215-24.
  56. Orchard J, Best TM, Verrall GM. Return to play following muscle strains. *Clin J Sport Med.* 2005;15(6):436-41.