TREINAMENTO MUSCULAR EXCÊNTRICO E AS PRINCIPAIS LESÕES: UMA VISÃO DA FISIOTERAPIA DESPORTIVA

Eccentric muscle training and the main injuries: a view of sports physiotherapy

Elivelton Aparecido Freitas Neves¹, Leonardo Lúcio Gonçalves Martins¹,
Thiago Gomes Figueira², Wagner Rafael da Silva³, Milena Carla de Queiroz da Silva²

ISSN: 2178-7514

Vol. 13 | N°. 3 | Ano 2021

RESUMO

A Fisioterapia Desportiva direciona uma atenção integral do atleta, atuando na prevenção da saúde e tratamento, considerando que toda atividade física pode gerar sobrecargas ao indivíduo, principalmente se este não estiver com um bom preparo físico. Nesse momento inicia-se a atuação da Fisioterapia Desportiva visando um olhar psicológico e biomecânico no qual o fisioterapeuta irá atuar por meio de métodos efetivos de avaliação e tratamento na saúde destes atletas. Este artigo se trata de uma revisão de literatura, visando apresentar à luz dos autores, como um condicionamento muscular excêntrico é adequado para a reabilitação na maioria das lesões.

Palavras-chave: Contração muscular excêntrica. Fisioterapia Desportiva. Lesões.

ABSTRACT

Sports Physiotherapy directs a comprehensive care of the athlete, acting in health prevention and treatment, considering that all physical activity can generate overload to the individual, especially if he is not in a good physical condition. At that moment, the performance of Sports Physical Therapy begins, aiming at a psychological and biomechanical perspective in which the physical therapist will act through effective methods of assessment and treatment of the health of these athletes. This article is a literature review, aiming to present, in the light of the authors, how eccentric muscle conditioning is suitable for rehabilitation in most injuries.

Keywords: Eccentric muscle contraction. Sports Physiotherapy. Injuries.

1 – Discente do Curso de Fisioterapia. Universidade Brasil, Campus Fernandópolis
2 – Docente do Curso de Fisioterapia. Universidade Brasil, Campus Fernandópolis
3 – Docente do Curso de Biomedicina. Universidade Brasil, Campus Fernandópolis

Autor de correspondência

Prof. Dr. Thiago Gomes Figueira
thiago.gfgueira@hotmail.com

DOI: [10.36692/v13n3-17R](https://doi.org/10.36692/v13n3-17R)

INTRODUÇÃO

O tema central deste trabalho mostra-se de grande valia e é discutido por vários autores. Neste sentido, cabe, aqui, algumas questões iniciais de autores que contribuíram na construção desta pesquisa.

Para Albert, não há outro aspecto de carga muscular (tensão específica aplicada à unidade músculo-tendínea) que tenha sido mais discutida ou investigado na literatura científica que o movimento excêntrico. Para isso, ele define o termo excêntrico como sendo “[...] uma carga muscular que envolve a aplicação de uma força externa com aumento de tensão durante o alongamento físico da unidade músculo-tendínea [...]”¹.

Além disso é importante destacar que:

A força gerada pelo músculo em contração e a alteração resultante de seu comprimento são dependentes de três fatores: do comprimento inicial; da velocidade com que ocorre a alteração do comprimento; e das cargas externas atuando em oposição ao movimento².

Deste modo, ao levar em consideração a fase excêntrica do movimento, sobretudo aplicada aos programas de treinamento humano (de caráter reabilitativo ou não), é fundamental realizar avaliações dos benefícios, vantagens e principalmente as precauções que quando relacionadas à fase semelhante dos exercícios isotônicos.

Este trabalho apresenta-se como resultado dos anos de estudos ao longo do curso de graduação em fisioterapia e, em especial, as pesquisas realizadas para a finalização desta etapa

Fundamentalmente, o escopo deste trabalho concentrar-se-á em propor diretrizes básicas para a adequada utilização da excentricidade muscular como recurso de primeira grandeza no arsenal fisioterapêutico do profissional que trabalha no âmbito desportivo.

Assim, o objetivo deste trabalho foi abordar a temática Fisioterapia Desportiva com foco nas principais lesões, principalmente aquelas causadas por contrações excêntricas, bem como seus tratamentos.

MÉTODOS

Para Gil (2007), os exemplos mais característicos desse tipo de pesquisa são sobre investigações sobre ideologias ou aquelas que se propõem à análise das diversas posições acerca de um problema³. Neste estudo foram realizadas buscas em bases de dados eletrônicas, Scielo, Banco Digital de Teses e Dissertações (BDTD), portal digital de Teses e Dissertações Coordenação de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Lilacs, Portal de Periódicos Universidade Federal de São Carlos (UFScar), diversos periódicos relacionados a área da fisioterapia, tais como Revista Brasileira de

Atividade Física & Saúde; Revista Fisioterapia & Pesquisa; Fisioterapia e Reabilitação; Brazilian Journal of Physicaltherapy; e por fim, no site Google Acadêmico.

Utilizou-se como critério de seleção artigos publicados em língua portuguesa e inglesa. Em seguida foram analisados os artigos selecionados, dos quais se apresentavam com relevância ao tema: lesões mais incidentes no âmbito desportivo e a atuação da fisioterapia.

REVISÃO DE LITERATURA

Lesões

As lesões desportivas normalmente estão associadas ao sistema músculo esquelético, que inclui músculos, ossos, articulações e seus tecidos associados, como ligamentos e tendões⁴.

Para melhor elucidar tais situações, o melhor exemplo que podemos oferecer é uma situação no futebol, uma vez que o local de lesões mais acometido é o joelho, causando lesões ligamentares através de torções que são normalmente causadas pelo contato físico, além também do tornozelo, que tem grande incidência de lesões⁵.

Uma lesão no esporte pode ser definida como qualquer tipo de lesão, dor ou dano físico que ocorra como resultado do esporte, exercício ou atividade física.

Contração muscular excêntrica

A atividade muscular excêntrica, para Simão (2003)⁶, deve ser chamada de resposta muscular devido ao estiramento muscular durante a produção da tensão. O autor salienta que o efeito considerado diferencial dos exercícios excêntricos consistiria no envolvimento de uma interação circular de três determinantes primários:

- Força muscular produzida pela contração excêntrica;
- Velocidade angular de movimento;
- Grau de estiramento músculo-tendíneo durante a contração muscular de natureza excêntrica.

O autor nomeia esta tríade como “triunvirato dos efeitos excêntricos interativos”. Para ele, é esta tríada constitui-se de elementos indissociáveis, e permitem grande versatilidade ao fisioterapeuta quanto à modificação dos efeitos e resultados na reabilitação do atleta lesionado.

Albert (2002)¹ em seus estudos, faz referência ao denominado retardo eletromecânico em relação ao tempo transcorrido da resposta bioquímica até o início efetivo da tensão muscular. Para ele, seria menor nas atividades excêntricas gerando benefícios adicionais no treino potencial no que se refere à produção de força muscular e velocidade articular.

Lillegard et al. (2002)⁷ alertam sobre os flexores e extensores do cotovelo. Em suas análises, o modo excêntrico agiu 4,4ms mais rapidamente do que o modo isométrico e 6,0ms mais rápido do que a contração concêntrica. Os autores concluem, então, que este fato mostra-se estatisticamente importante para ambas as diferenças.

O ciclo estiramento-encurtamento é importante para os efeitos dos exercícios excêntricos visto seu potencial para armazenagem e uso de energia elástica. Neste ciclo, o movimento voluntário primário ocorre após o movimento oposto ou antagonista. Assim, a transferência da energia potencial do componente elástico em série (CES) estirado produz maior capacidade de força contrátil subsequente⁸.

Este efeito de potencialização, apresentado, é aplicado a uma dada unidade músculo-tendínea pela resposta excêntrica e seguida pela contração anti-concêntrica. Desta forma, entende-se que a contração muscular excêntrica possibilita a potencialização de força da contração muscular concêntrica subsequente, fato exemplificado em várias atividades desportivas que exigem do atleta uma velocidade mais elevada em relação à biodinâmica do gesto desportivo perfeito⁸.

Exercícios Excêntricos Isocinéticos aplicados a Fisioterapia Desportiva

Com os avanços da tecnologia o desenvolvimento de equipamentos de testes musculares isocinéticos permitem a execução de exercícios excêntricos em associação à atividade concêntrica. O uso deste tipo de equipamento vem se popularizando no Brasil, por meio dos conhecidos deste tema têm se viabilizado a execução de pesquisas e avanços importantes na área da reabilitação desportiva, sobretudo usando e valorizando o treinamento muscular excêntrico.

Pode-se dizer que uma vantagem do exercício isocinético é fornecer um trabalho dinamicamente aos músculos em contração a uma velocidade que pode ser facilmente manipulada. Portanto, o músculo é capaz de manter um estado de máxima contração em toda a sua amplitude, permitindo uma demanda máxima da sua capacidade de trabalho. As velocidades angulares podem ser ajustadas para permitir que o músculo funcione em relação às condições dinâmicas simulando as demandas impostas pelas atividades funcionais do atleta (em relação à biomecânica dos gestos motores do esporte)⁹.

É importante destacar que o exercício isocinético excêntrico deve ser aplicado em esforços controlados e determinados, ou seja, sistemas de dinamometria isocinética que possuem a interação de bio-feedback visual fazem pacientes com tendinites/epicondilites

crônicas (tendinite patelar, de tríceps sural, cotovelo de tenista) se proverem do recurso¹⁰.

Os estudos de ressonância nuclear magnética, comprovam o efeito benéfico de redução do espessamento (patológico) de tendão. Sendo que os benefícios são provenientes de micro rupturas, desenvolvendo reagudização do processo crônico, fazendo com que haja a neovascularização e melhoras nos aspectos macro e microscópico do tendão.

Andrews et al. (2000) alertam que a capacidade de oferecer atividades isocinéticas excêntricas ao atleta (normalmente já em fase de reabilitação) possibilita melhoras significativas para melhoria do atleta, pois as contrações musculares excêntricas exercem um importante papel também em suas atividades funcionais de vida diária¹¹. Sirota et al. (1997) afirmam que no movimento de rotação externa de ombro de arremessadores, podem ser as mais importantes na prevenção de lesões durante a fase de desaceleração do arremesso¹².

O treinamento muscular e a fisioterapia desportiva

O benefício do treinamento muscular multimodal durante a reabilitação tem sido muito bem aceito. Uma vez que a carga excêntrica possibilita um elemento especializado no processo de reabilitação do atleta lesionado, o que ajuda no preparo do atleta de forma mais eficiente durante momentos em que uma ação

excêntrica for requerida para a prática esportiva ou ainda para as demandas do cotidiano¹³.

Nota-se que o condicionamento muscular excêntrico possibilita a reprodução das exigências biodinâmicas que serão colocadas aos atletas ao retornarem à prática desportiva¹³.

Muitas atividades esportivas precisam da realização de ações musculares excêntricas de alto nível para melhor desempenho e proteção das articulações sinoviais e tecidos mole, tais como os vasos sanguíneos, vasos linfáticos, músculos, tecido gorduroso, aponeuroses, tendões, nervos e os tecidos sinoviais¹⁴.

Outro papel extremamente relevante para a Fisioterapia sobre o condicionamento muscular excêntrico é que podemos atuar de forma preventiva em relação às lesões musculares induzidas pelo over-training, ou síndrome do super treinamento em atletas de alto nível. Embora uma simples sessão de exercício excêntrico possa induzir a uma lesão muscular significativa, ela também garante ao músculo uma proteção razoável contra lesões similares resultantes de sessões decorrentes de exercícios de alta intensidade¹.

Foi demonstrado que a perda de força, liberação de creatina quinase além de outros indicadores de lesões induzidas por exercícios são reduzidos consideravelmente em uma segunda sessão de exercício excêntrico dos flexores do cotovelo¹⁵.

Prentice e Arnheim (2002) recordam que as contrações musculares excêntricas, utilizadas na reabilitação de várias lesões relacionadas ao esporte, são importantes para desacelerar o movimento de um membro, sobretudo durante as atividades dinâmicas de alta velocidade utilizadas durante a prática esportiva¹³.

Os autores alegam que os déficits de força ou a incapacidade dos músculos em resistir as cargas excêntricas a eles impostas podem predispor o atleta descondicionado excêntricamente a inúmeras lesões. Outros estudos mostram que lesões na musculatura isquiotibial, em atletas de corridas de curta distância, mostram-se dentro de outros fatores, relacionados a pouca força excêntrica dessa musculatura^{16,17}.

Contração muscular excêntrica como prevenção das lesões musculares por estiramento

O entendimento de todos os fatores relacionados à lesão muscular é fundamental para que se possa tratá-la e sobretudo preveni-la. A existência de fatores intrínsecos e extrínsecos que influenciam o risco de lesão. Os fatores intrínsecos são aqueles inerentes ao indivíduo, como sexo, idade, composição corporal, nível de habilidade e história prévia de lesões. Tais fatores podem predispor o atleta à lesão, sendo, portanto, fatores de risco. Já os

fatores extrínsecos são aqueles relacionados ao ambiente, como a temperatura, o tipo de superfície e os equipamentos de proteção. Estes fatores podem modificar o risco de lesão, tornando o atleta mais ou menos susceptível a ela¹⁸.

A presença de ambos os fatores determina a susceptibilidade do atleta a lesão, mas não é suficiente para produzi-la. A soma e a interação destes fatores determinarão as condições de ocorrência da lesão em uma dada situação, na qual o atleta vivenciará o seu evento precipitante. Este evento, que pode ser o choque com outro atleta, um chute veloz, uma mudança brusca de direção, ou, em suma, momentos nos quais forças excessivas são aplicadas sobre os tecidos, seria o elo final de uma cadeia de fatores envolvidos na geração de uma lesão¹⁸.

Na tentativa de compreender os fatores envolvidos nas lesões musculares por estiramento, as ações excêntricas merecem destaque, pois estão sempre presentes na ocorrência destas lesões, seja quando ocorrem, ou em um processo anterior, por fragilizarem o tecido muscular. Um músculo submetido a ações excêntricas em um comprimento maior do que aquele ótimo para geração de tensão é potencialmente lesionado. Esta lesão é caracterizada por uma série de marcadores indiretos que refletem a desorganização do tecido muscular e a resposta inflamatória subsequente. No entanto, vários estudos têm

demonstrado que se o mesmo músculo for novamente exposto a ações excêntricas, dentro de certo período, os marcadores indiretos da lesão muscular são consideravelmente reduzidos, indicando que, após uma segunda série de contrações musculares excêntricas, a lesão muscular ocorre em menor extensão^{19,20}. Esta adaptação parece ocorrer para proteger o músculo de lesões mais extensas e é conhecida como “the repeated bout effect”²¹.

Após a realização da segunda série de contrações musculares excêntricas, sintomas clássicos do dano muscular como o déficit de força, a dor local e os níveis séricos de CK são consideravelmente menores. O efeito protetor pode ser visto se a segunda série de contrações musculares excêntricas é realizada dias ou mesmo meses após a primeira exposição às ações excêntricas²⁰. Os meios pelos quais está adaptação é conferida ao tecido muscular ainda não foram completamente compreendidos e várias teorias têm sido propostas na tentativa de esclarecê-los, tais como a Teoria Neural, a Teoria Celular e a Teoria Mecânica²².

Em concordância com esta Teoria, alterações no sinal eletromiográfico, tais como um aumento de sua amplitude²³ e uma redução de sua frequência mediana²⁴, têm sido associadas ao treino excêntrico. Estas alterações foram atribuídas à redistribuição do estresse contrátil entre um maior número de fibras musculares e a um maior recrutamento de unidades motoras de contração lenta respectivamente. Ao avaliarem

o tecido muscular após uma segunda exposição ao exercício excêntrico, sugeriram que a rápida recuperação da função muscular, manifestada pela completa restituição da capacidade de gerar força, seria mediada principalmente por adaptações neurais²³.

Os autores conferiram a proteção aos danos musculares às alterações neurais porque o tempo de lesão foi pequeno para que o músculo pudesse se recuperar, assim lesões periféricas ainda estavam presentes. No entanto, em contraste com a Teoria Neural, “the repeated bout effect” também foi demonstrado através de contrações excêntricas eletricamente estimuladas, ou seja, sem a participação do Sistema Nervoso Central²⁰.

A resposta inflamatória surge em consequência da desorganização do aparato contrátil e acaba por ampliar a lesão inicial. Assim, uma resposta inflamatória em menor amplitude poderia poupar o músculo de lesões adicionais. De fato, uma ativação reduzida de células inflamatórias tem sido associada ao treino excêntrico²⁵. Contudo, como a resposta inflamatória é secundária a lesão mecânica, sua redução pode apenas refletir um estímulo menor, ou seja, uma lesão inicial reduzida pelo exercício excêntrico. Dessa forma torna-se difícil encontrar uma conclusão se o efeito protetor é consequência de uma lesão mecânica inicial em menor proporção ou de uma lesão secundária reduzida, ou, ainda, devido à combinação de ambas²².

Dentre os processos propostos pela Teoria Celular, a alteração na relação comprimento-tensão parecer ser o mecanismo mais plausível para conferir proteção ao tecido muscular²². Deste modo, observa-se que, a lesão muscular ocorre quando o músculo contrai excêntricamente, além de seu comprimento ótimo para geração de tensão. A realização do exercício excêntrico possibilita ao aumento do comprimento ótimo muscular, ou seja, maior tensão passa a ser produzida em um comprimento maior. Assim, a contração muscular excêntrica aumenta também a amplitude na qual o músculo estará protegido, pois reduz sua fase de instabilidade (parte descendente da curva comprimento-tensão)^{26,27}. A longo prazo esta alteração parece ser mantida através do processo de sarcomerogênese^{28,29}. Adicionalmente, como a lesão se inicia nos sarcômeros maiores, inerentemente mais fracos, este processo, ao adicionar sarcômeros em série na miofibrila, reduz o tamanho daquelas estruturas, reduzindo o estresse sobre cada uma delas e diminuindo, portanto, o risco de lesão²⁷.

Deste modo, o comprimento ótimo muscular assume um papel importante no contexto das lesões musculares por estiramento. Este comprimento é um valioso preditor da ocorrência deste tipo de lesão. Indivíduos que possuem músculos com comprimentos ótimos menores são mais susceptíveis a lesão do que aqueles que possuem maiores²⁶. O comprimento

muscular em que o músculo é trabalhado deve, portanto, ser considerado em um programa de treinamento excêntrico. Como as lesões causadas por esta contração ocorrem quando o músculo contrai além de seu comprimento ótimo, foi relatado que treinos excêntricos executados em pequenos comprimentos musculares não possibilitam proteção ao músculo, sobretudo se este for novamente exercitado em um comprimento maior³⁰. No entanto, este é um tópico que permanece controverso e como campo aberto na pesquisa e na literatura. Por exemplo, encontraram que o exercício excêntrico realizado em pequenos comprimentos musculares confere proteção parcial as lesões provocadas pela realização subsequente deste exercício em comprimentos maiores. Os autores ainda ressaltaram que o treino em menores comprimentos tem a vantagem adicional de não gerar grandes danos a função muscular como aquele executado em grandes comprimentos²⁰.

O aumento da rigidez muscular, além de tornar o músculo mais resistente à deformação, o possibilita lidar melhor com fluxo de energia³¹. Com um músculo mais rígido será mais fácil dissipar o excesso de energia recebida, absorvendo ou transferindo-a. Em adição, músculos contraindo excêntricamente absorvem duas vezes mais energia que músculos em repouso^{32,33}. Este tipo de contração muscular é o único capaz de ampliar a capacidade muscular de absorção de energia³

devido à quebra das pontes cruzadas secundária a reações químicas que produzem calor. Dessa forma a energia pode ser absorvida e logo após ser utilizada em uma contração muscular subsequente, ou ser dissipada em forma de calor³⁴.

Há, no entanto, algumas evidências contra a Teoria Mecânica, como por exemplo, associar o aumento da rigidez muscular à maior susceptibilidade a lesão dos isquiossurais. Estes autores demonstraram que sujeitos que possuíam este grupo muscular mais rígido apresentaram níveis mais elevados de alguns marcadores indiretos da lesão muscular³⁵. Outros trabalhos demonstraram que músculos com uma quantidade menor de Desmina apresentaram menor lesão muscular do que músculos normais³⁶. Adicionalmente, a mudança na propriedade de mola muscular é uma alteração que ocorre a longo prazo, em resposta ao treino excêntrico crônico, assim não pode justificar a proteção imediata verificada após a segunda exposição ao exercício excêntrico³³.

. Em resumo, a realização de uma única série de contrações musculares excêntricas possibilita proteção ao tecido muscular novamente exposto a este tipo de contração. Vários mecanismos têm sido especulados a fim de se compreender como este efeito protetor é instalado e não seria inesperado que cada um deles possa dar sua contribuição. Embora este efeito possa ser observado rapidamente, após

uma segunda exposição a ações excêntricas, o treino excêntrico crônico pode modificar a estrutura e as propriedades musculares de forma que este efeito seja ampliado. Assim, a realização regular de um programa de exercícios excêntricos tem chances de proteção do músculo das micro lesões geradas por esta contração e, conseqüentemente, prevenir a ocorrência de lesões musculares por estiramento^{37,38}. Para que de fato o exercício excêntrico confira proteção à lesão muscular, recomenda-se que o treino seja específico ao grupo muscular, a intensidade e ao volume que serão exigidos do indivíduo na prática.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A relação entre a contração muscular excêntrica e as lesões musculares por estiramento pode, em um primeiro momento, parecer paradoxal. A contração muscular excêntrica é caracterizada por muitas propriedades incomuns às demais contrações musculares, sendo potencialmente capaz de produzir adaptações únicas no músculo esquelético. O entendimento destas propriedades e da forma pela qual o tecido muscular é influenciado por elas podem auxiliar na compreensão desta relação.

As adaptações neurais e periféricas (aumento da área de secção transversa e da força muscular, mudança na relação comprimento-tensão e aumento na rigidez muscular passiva),

bem como as alterações na propriocepção e no metabolismo muscular (fadiga), transformam o tecido muscular submetido ao treino excêntrico. Em consequência de algumas destas alterações, o músculo permanece protegido por uma maior amplitude de movimento e melhora sua capacidade de lidar com o fluxo de energia, tornando-se mais resiliente.

Visto que as lesões do aparelho musculoesquelético possuem etiologia multifatorial, a prevenção das lesões musculares por estiramento consiste em identificar todos os fatores envolvidos e determinar aqueles que podem ser modificados. Sendo assim, o treino excêntrico mostra-se como uma importante alternativa de prevenção destas lesões devido a sua capacidade de modificar a estrutura muscular. No entanto, embora a contração muscular excêntrica seja o fator principal na prevenção das lesões musculares por estiramento, devido à natureza multifatorial destas lesões, outros tipos de intervenção podem ser necessários.

REFERÊNCIAS

1. ALBERT, M. Treinamento excêntrico em esportes e reabilitação. São Paulo, SP: Manole, 2002.
2. KANDEL, E, SCHWARTZ, J, JESSELL, T. Principles of neural science. New York: Elsevier Science, 1991.
3. GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
4. WALKER, B. Lesões no Esporte: uma Abordagem Anatômica. Manole, 2010.
5. ESCOBAR, T. T.; SANTOS, V. P. As principais lesões do futebol feminino e a atuação da fisioterapia desportiva. Anais Congrega MIC-ISBN: 978-65-86471-05-2 e Anais MIC JR.-ISBN: 978-65-86471-06-9, v. 16, p. 619-623, 2020.
6. SIMÃO, R. Fundamentos fisiológicos para o treinamento de força e potência. São Paulo, SP: Phorte, 2003.
7. LILLEGARD, W.A; BUTCHER, J.D; RUCHER, K.S. Manual de medicina desportiva. 2.ed. São Paulo, SP: Manole, 2002.
8. ENOKA, Roger M. Bases neuromecânicas da cinesiologia. São Paulo,SP: Manole, 2000.
9. ZULUAGA, M. Sports Physiotherapy: applied science and practice. 3. ed. Melbourne (Austrália): Churchill Livingstone, 2000.
10. CROISIER, Jean Louis. et al. Treatment of recurrent tendinitis by isokinetic eccentric exercises. Isokinetics and Exercise Science, v. 9, p. 133-141, 2001.
11. ANDREWS, J.R.; HARRELSON, G; WILK, K. Reabilitação física das lesões esportivas. 2. ed. Rio de Janeiro,RJ: Guanabara Koogan, 2000
12. SIROTA, S. C; et al. An eccentric- and concentric- strength profile of shoulder external and internal rotator muscles in professional baseball pitchers. American Journal of Sports Medicine, v.25, n.1, p. 59-64, 1997.
13. PRENTICE, W. E. Técnicas de reabilitação em medicina esportiva. São Paulo,SP: Manole, 2002.
14. McARDLE, W.D; KATCH, F; KATCH, V. Fundamentos de fisiologia do exercício. 2.ed. Rio de Janeiro,RJ: Guanabara Koogan, 2002.
15. Clarkson, P. M., & Hubal, M. J. (2001). Are women less susceptible to exercise-induced muscle damage? Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care, 4(6), 527–531.
16. JONHAGEN, S; NEMETH, G; ERIKSSON, E. Hamstring injuries in sprinters: the role of concentric and eccentric hamstring muscle strength and flexibility. Am J Sports Med. v. 22, p. 262-266, 1994.
17. STANTON P; PURDAM C. Hamstring injuries in sprinting: the role of eccentric exercise. J Orthop Phys Ther. v. 10, p. 343-49, 1989.
18. BAHR, T.; KROSSHAUG, T. Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. British Journal of Sports Medicine, v.39, p.324-329, 2005.
19. BROWN, S. J. et al. Exercise-induced skeletal muscle damage and adaptation following repeated bouts of eccentric muscle contractions. Journal of Sports Sciences, v.15, p.215- 222, 1997.
20. NOSAKA, K. et al. The repeated bout effect of reduced-load eccentric exercise on elbow flexor muscle damage. European Journal of Applied Physiology, v. 85, n.1 e 2, p.34-40, Jul. 2001.
21. NOSAKA, K.; NEWTON, M. Concentric or eccentric training effect on eccentric exerciseinduced muscle damage. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 34, n. 1, p. 63-69, Jan. 2002.
22. MCHUGH, M. P. Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: the protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports, v.13, p.88-97, 2003.
23. HORTOBÁGYI, T. et al. Greater initial adaptations to submaximal muscle lengthening than maximal shortening. Journal of Applied Physiology, [S.l.], v.81, p.1677-1682, 1996.
24. WARREN, G. L. et al. Decreased EMG median

frequency during a second bout of eccentric contractions. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, [S.l.], v.32, n.4, p.820-829, Apr. 2000.

25. PIZZA, F. X. et al. Adaptation to eccentric exercise: effect on CD64 and CD11b/CD18 expression. *Journal of Applied Physiology*, [S.l.], v.80, n.1, p.47-55, 1996.

26. BROCKETT, C. L. et al. Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Official Journal of the American College of Sports Medicine*, [S.l.], v.33, n.5, p.783-790, 2001.

27. MORGAN, D. L. New insights into the behavior of muscle during active lengthening. *Biophysical Journal*, [S.l.], v.57, p.209-221, Feb. 1990.

28. MORGAN, D. L.; PROSKE, U. Popping sarcomere hypothesis explains stretch-induced muscle damage. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, [S.l.], v.31, p.541- 545, 2004.

29. MORGAN, D. L.; TALBOT, J. A. The addition of sarcomeres in series is the main protective mechanism following eccentric exercise. 12^a International conference on mechanics in medicine and biology, Porto Myrina Palace, Lemos, 9-13 September, 2002

30. MCHUGH, M. P.; PASIAKOS, S. The role of exercising muscle length in the protective adaptation to a single bout of eccentric exercise. *European Journal of Applied Physiology*, [S.l.], v.93, p.286-293, 2004.

31. BUTLER, R. J. et al. Lower extremity stiffness: implications for performance and injury. *Clinical Biomechanics*, [S.l.], v.18, p.511-517, 2003.

32. GARRETT, W. E. Muscle strain injuries: clinical and basic aspects. In: *Medicine and Science in Sports and Exercise*, [S.l.], v.22, n.4, p.436-442, Aug. 1990. KIRKENDALL; GARRET, 2002

33. LINDSTEDT, S. L. et al. When active muscles lengthen: properties and consequences of eccentric contractions. In: *News in Physiological Sciences*, [S.l.], v.16, p.256-261, Dec. 2001

34. (MATSUMOTO; MCPHEDRAN, 1977).

35. MCHUGH, M. P. et al. The role of passive muscle stiffness in symptoms of exercise-induced muscle damage. *The American Journal of Sports Medicine*, [S.l.], v.27, n.5, p.594-599, 1999.

36. SAM, M. et al. Desmin knockout muscles generate lower stress and are less vulnerable to injury compared with wild-type muscles. *American Journal of Physiology - Cell Physiology*, [S.l.], v.279, n.4, p.1116-1122, 2000.

37. ASKLING, C. et al. Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. In: *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, [S.l.], v.13, p.244-250, 2003.

38. PROSKE, U. et al. Identifying athletes at risk of hamstring strains and how to protect them. In: *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, v.31, p.546-550, 2004.

OBSERVAÇÃO: Os autores declaram não existir conflitos de interesse de qualquer natureza.