
A INFLUÊNCIA DA IMOBILIZAÇÃO SOBRE O TECIDO CONJUNTIVO MUSCULAR: uma revisão

The influence of immobilization on the muscle connective tissue: a review

Quélen Milani Caierão

Mestre em Fisioterapia. UNIMEP. Piracicaba – SP. e-mail: qcairao@terra.com.br

Rosana M. Teodori

Doutora em Biologia e Patologia Buco-dental pela UNICAMP, Docente do Curso de Fisioterapia e Programa de Pós-graduação em Fisioterapia pela UNIMEP. Piracicaba – SP. e-mail: rteodori@unimep.br

Viviane Balisardo Minamoto

Doutora em Ciências Fisiológicas UFSCAR. São Carlos – SP. e-mail: vbminamo@unimep.br

Resumo

O Tecido Conjuntivo é responsável pela integridade morfológica e funcional do músculo, sendo que este sofre adaptações após estímulos como imobilização, lesão e envelhecimento, entre outros. A imobilização é um recurso frequentemente utilizado na prática clínica, porém, acarreta prejuízos no músculo. Diversos recursos, como a eletroestimulação, a mobilização e o alongamento, são utilizados para minimizar os efeitos desencadeados pela imobilização. Sendo assim, o objetivo deste artigo foi realizar uma revisão dos efeitos da imobilização sobre o tecido conjuntivo intramuscular assim como dos efeitos de alguns recursos utilizados para reorganização adequada deste tecido.

Palavras-chave: Tecido conjuntivo; Imobilização; Musculoesquelético.

Abstract

The connective tissue is responsible for the morphological and functional integrity of the muscle, and it is able to adapt after some stimuli such as immobilization, lesion and aging among others. The immobilization is an approach commonly used to treat injuries in the muscle skeletal system; however, it causes some undesirable muscle alteration. There are several procedures that are used to minimize the effects caused by immobilization, such as electrical stimulation, mobilization and stretch.

Keywords: *Connective tissue; Immobilization; Skeletal muscle.*

INTRODUÇÃO

A matriz extracelular é um substrato para adesão, crescimento e diferenciação celular, além de fornecer suporte mecânico para os tecidos (1). Dentre seus componentes, o tecido conjuntivo (TC) é importante na transmissão de força e manutenção da estrutura de tendões, ligamentos, ossos e músculos, constituindo o arcabouço de sustentação de quase todos os órgãos do corpo (2, 3). A qualidade e quantidade do TC intramuscular são influenciadas por fatores como lesão (4), imobilização (2), inatividade (5), envelhecimento (6), entre outros, o que pode comprometer a função muscular. Sendo a imobilização uma situação muito comum na clínica, comprometendo tanto tecido ósseo quanto mole, o objetivo desta revisão é apresentar os efeitos da imobilização sobre o TC intramuscular. Para isso, foram realizadas pesquisas bibliográficas, com uma revisão de 67 artigos publicados no período de 1978 a 2007, indexados na base de dados Medline, Lilacs e Scielo, e recuperados por meio das palavras-chave: *muscle connective tissue, immobilization, stretch, collagen*.

Tecido conjuntivo intramuscular

O tecido muscular esquelético constitui-se basicamente de elementos contráteis, sendo que existe íntima associação entre estes elementos e o TC intramuscular. Deste modo, o comportamento elástico do músculo esquelético é determinado não só pelos componentes contráteis, mas também pelo TC intramuscular (2).

O músculo esquelético é formado por fibras musculares envoltas por uma membrana de TC, denominada endomísio. Envolvendo cada feixe de fibras encontra-se o perimísio, sendo o músculo envolvido pelo epimísio (7, 1). O perimísio, devido à sua organização, é considerada a camada que mais contribui para a resistência passiva extracelular (1), além de estar presente em maior quantidade em músculos tônicos (7). A quantidade de endomísio aumenta com a idade, mas a do perimísio, e provavelmente a do epimísio, permanecem constantes ao longo da vida (8). No músculo esquelético, encontra-se de 1-10% de tecido conjuntivo, sendo esta porcentagem bastante variável entre os músculos com diferentes funções (1).

Os fibroblastos são os elementos mais comuns do TC, responsáveis pela formação das fibras colágenas e outros elementos da matriz extracelular (9). O colágeno é a proteína mais abundante, constituindo 20–25% de todas as proteínas do corpo (10). Atualmente são conhecidos 19 tipos, predominando nos músculos os dos tipos I, III, IV e V (10). O tipo I é encontrado principalmente no epimísio e em menor quantidade no perimísio, sendo também localizado na pele, ossos, ligamentos e tendões (10). Suas fibras são as mais tolerantes ao estresse e apresentam alta força tênsil e limitada elasticidade, sendo, portanto, as mais adaptadas para a transmissão de força (11). O tipo III predomina no perimísio e endomísio (12), e apresenta estrutura e organização semelhante ao do tipo I, porém suas fibras são mais elásticas e de menor espessura (11). O tipo IV localiza-se na membrana basal, formando um suporte para ela (11). No endomísio, encontram-se os dos tipos I, III e V (13), sendo este último encontrado em menor quantidade, representando 5% do colágeno total (8).

A imobilização no remodelamento do tecido conjuntivo

Vários modelos experimentais foram desenvolvidos para estudo das mudanças que ocorrem no músculo após período de imobilização. Dentre eles, técnicas invasivas, como desnervação, tenotomia e fixação da articulação por meio de pinos e técnicas não invasivas, como imobilização por aparelho gessado ou suspensão do corpo, sendo estas últimas utilizadas com mais frequência (14).

Embora seja um recurso bastante utilizado para tratamento de lesões musculoesqueléticas, vários efeitos deletérios ocorrem no músculo após período de imobilização, tais como encurtamento e atrofia muscular (15), diminuição da área da fibra (16), número de sarcômeros em série (16) e aumento do TC (16), principalmente no perimísio, resultando em rápida rigidez muscular durante a primeira semana (17). Esse aumento de TC forma uma barreira mecânica que dificulta o suprimento sanguíneo para as fibras musculares, provocando diminuição dos capilares para a fibra com conseqüente atrofia muscular (8). Além disso, a proliferação de TC

faz com que as fibras colágenas tenham contato mais íntimo umas com as outras, podendo estimular a formação de ligação cruzada anormal, o que resulta em perda da extensibilidade e aumento na rigidez tecidual (18).

Autores citam que de duas a três semanas da imobilização em posição de encurtamento ocorre proliferação de TC, redução do comprimento da fibra muscular e atrofia muscular, o que resulta em redução na amplitude de movimento da articulação quando a imobilização é removida (19). Williams e Goldspink (17) analisaram o músculo sóleo de ratos imobilizados em encurtamento e alongamento no período de um dia a quatro semanas. Observaram que, diferente da posição encurtada, a posição de alongamento não resultou em mudanças no tecido conjuntivo. Estes autores concluíram que as alterações musculares decorrentes da imobilização são dependentes da posição da imobilização da articulação, sendo a posição de encurtamento a que provoca maiores prejuízos na função muscular. Entretanto, Lapier et al. (20) observaram que o músculo extensor longo dos dedos de ratos imobilizados na posição de encurtamento e alongamento por três semanas apresentou aumento significativo de TC em ambas as posições, quando comparado ao grupo controle. Esses resultados contraditórios podem ter ocorrido devido ao fato de a análise ter sido realizada em músculos distintos, o que pode ter influenciado os resultados encontrados pelos autores.

Da mesma maneira que a posição de alongamento e/ou encurtamento acarretam prejuízos ao músculo, a posição neutra de imobilização também favorece a proliferação de TC, fato evidenciado no estudo de Silva et al. (21), que verificaram aumento de 200% no músculo sóleo imobilizado por sete dias.

Józsa et al. (2) observaram que a proliferação de tecido conjuntivo após imobilização depende não somente do músculo imobilizado, mas também do tempo de imobilização. Esses autores estudaram os músculos sóleo, gastrocnêmio e tibial anterior de ratos nas posições encurtada e alongada por três semanas. No final da primeira semana, observaram aumento de TC em todos os músculos, sendo este mais pronunciado nos músculos mantidos em encurtamento. Entretanto, ao final das três semanas, a proporção de TC foi mais evidente no músculo sóleo mantido na posição de alongamento. Isso sugere que o tempo de análise pode interferir no remodelamento do tecido conjuntivo.

Os trabalhos citados estimularam o interesse em se estudar qual variável estaria relacionada ao acúmulo de TC no músculo imobilizado: a posição de imobilização ou a falta de atividade contrátil. Assim, para entender melhor esse mecanismo, autores decidiram pesquisar os efeitos da eletroestimulação no músculo sóleo imobilizado de coelhos por sete dias. Os autores observaram que o grupo imobilizado em encurtamento e eletroestimulado apresentaram redução dos sarcômeros em série, porém, não apresentaram mudanças na constituição de TC (22). Desse modo, pode-se concluir que a atividade contrátil limita a proliferação de TC em músculos imobilizados. Esses resultados foram posteriormente reforçados por pesquisadores que investigaram os efeitos da imobilização com e sem o uso da eletroestimulação no músculo tibial anterior de coelhos e concluíram que ela foi eficiente em prevenir a proliferação de TC no grupo que foi imobilizado e eletroestimulado (23). Baseado nestes dados, sugere-se a realização de contrações isométricas ou até mesmo da estimulação elétrica durante a imobilização, uma vez que a posição de encurtamento resulta em falta de alongamento e atividade contrátil. Esses procedimentos levam à diminuição da proliferação de TC, o que trará benefícios durante o processo de reabilitação. Estudo recente de revisão (24) descreve como as células respondem ao estímulo físico e a importância deste para a síntese e organização da matriz extracelular.

Após períodos de imobilização, os efeitos deletérios musculares podem ser minimizados e/ou revertidos por meio de recursos como a mobilização e o alongamento. Sendo assim, a mobilização é importante para reorganização do TC (2). Isso porque o exercício promove alinhamento mais funcional das fibras colágenas, minimizando o surgimento de aderências no tecido cicatricial após lesão muscular ou período de imobilização (25). Além disso, Stone (26) sugere que o exercício físico pode aumentar a força do tecido conjuntivo, bem como a massa muscular, tornando o músculo mais resistente.

Pesquisas confirmaram que o alongamento previne a atrofia muscular e a proliferação de TC (22), a perda de sarcômeros em série, além de ativar a síntese protéica (19) e induzir hipertrofia e hiperplasia muscular (16). Dessa maneira, Williams (27) avaliou os efeitos do alongamento no músculo sóleo de ratos imobilizados na posição de encurtamento por um período de 10 dias. A cada dois dias, a imobilização era removida e o músculo era passivamente alongado por um período de 15 minutos. O alongamento manteve a amplitude normal da articulação bem como preveniu a proliferação de TC. Da mesma maneira, Coutinho et

al. (28) compararam curtos períodos de alongamento diário com alongamentos realizados três vezes por semana no músculo sóleo após imobilização na posição de encurtamento e verificaram melhor reorganização do TC nos músculos submetidos ao alongamento diário.

É importante destacar que o alongamento muscular é muito utilizado na área desportiva, entretanto, é alvo de constante pesquisa uma vez que há muitas divergências nos resultados dos diferentes estudos em relação ao melhor protocolo de aplicação.

Além do alongamento, a mobilização foi estudada a fim de investigar se esta é capaz de reverter os danos causados após a imobilização. Assim, Lieber et al. (29) analisaram os efeitos da remobilização do músculo quadríceps de cachorros previamente imobilizado por 10 semanas. O acúmulo de TC diminuiu aproximadamente 50% após a remobilização. Da mesma maneira, Kannus et al. (30) investigaram os efeitos da atividade livre e exercícios em esteira de alta e baixa intensidade após três semanas de imobilização nos músculos sóleo e gastrocnêmio. Foi constatado que no músculo sóleo tanto a atividade livre quanto ambas as corridas em esteira mostraram redução de TC quando comparado ao grupo não mobilizado. Já no músculo gastrocnêmio, somente a corrida em esteira foi eficiente para diminuir a quantidade de TC, sendo os melhores resultados observados com a corrida de alta de intensidade. Pode-se concluir que a mobilização, independente de ser livre ou forçada, é melhor do que a inatividade para o remodelamento do TC, sendo que diferentes músculos respondem de forma distinta à mobilização. Todos estes estudos tiveram como objetivo entender o mecanismo de adaptação do músculo esquelético à imobilização.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tecido conjuntivo é uma estrutura biologicamente ativa, capaz de adaptar-se e, portanto, de alterar sua estrutura em resposta aos estímulos externos, como, por exemplo, a imobilização. Na clínica, a imobilização é muito utilizada para tratamento de fraturas e lesões musculares em geral, resultando em comprometimento do músculo imobilizado. Para minimizar esses efeitos, sugere-se a utilização de recursos simples na área desportiva, como o alongamento e a atividade contrátil, seja por eletroestimulação ou contração ativa. Ambos, com a mobilização precoce, proporcionam resultados satisfatórios no remodelamento do tecido conjuntivo após imobilização. Nesse sentido, é importante que o profissional da reabilitação tenha conhecimento dos efeitos da imobilização e do potencial dos recursos fisioterapêuticos que podem ser utilizados durante ou após período de restrição de movimento.

REFERÊNCIAS

1. Purslow PP. The structure and functional significance of variations in the connective tissue within muscle. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol (CBP)*. 2002; 133(4 Pt A):947-966.
2. Józsa L, Thöring J, Jarvinen M, Kannus P, Lehto M, Kvist M. Quantitative alterations in intramuscular connective tissue following immobilization: an experimental study in the rat calf muscles. *Exp Mol Pathol*. 1988; 49(2):267-278.
3. Järvinen TA, Józsa L, Kannus P, Järvinen TL, Järvinen M. Organization and distribution of intramuscular connective tissue in normal and immobilized skeletal muscles. *J Muscle Res Cell Motil*. 2002; 23(3):245-254.
4. Kääriäinen M, Jarvinen T, Jarvinen M, Rantanen J, Kalimo H. Relation between myofibers and connective tissue during muscle injury repair. *Scand J Med Sci Sports*. 2000; 10(6):332-337.
5. Kovanen V, Suominen H, Heikkinen E. Connective tissue of "fast" and "slow" skeletal muscle in rats: effects of endurance training. *Acta Physiol Scand*. 1980; 108(2):173-180.

6. Alnaqueeb MA, Al Zaid NS, Goldspink G. Connective tissue changes and physical properties of developing and ageing skeletal muscle. *J Anat.* 1984; 139(Pt 4):677-689.
7. Borg TK, Caufield JB. Morphology of connective tissue in skeletal muscle. *Tissue Cell.* 1980; 12(1):197-207.
8. Józsa L, Kannus P, Thöring J, Reffy A, Järvinen M, Kvist M. The effect of tenotomy and immobilization on intramuscular connective tissue: a morphometric and microscopy study in rat calf muscles. *J Bone Joint Surg Br.* 1990; 72b(2):293-297
9. Hinz B, Gabbiani G. Cell-matrix and cell-cell contacts of myofibroblasts: role in connective tissue remodeling. *Thromb Haemost.* 2003; 90(6):993-1002.
10. Takala TE, Virtanen P. Biochemical composition of muscle extracellular matrix: the effect of loading. *Scand J Med Sci Sports.* 2000; 10(6):321-325.
11. Han XY, Wang W, Komulainen J, Koskinen SO, Konaven V, Vihko V, et al. Increased mRNAs procollagens and key regulating enzymes in rat skeletal muscle following downhill running. *Pflugers Arch.* 1999; 437(6):857-864.
12. Salonen V, Lehto M, Kalimo M, Penttinen R, Aro H. Changes in intramuscular collagen and fibronectin in denervation atrophy. *Muscle Nerve.* 1985; 8(2):125-131.
13. Kovanen V. Intramuscular extracellular matrix: complex environment of muscle cells. *Exerc Sport Sci Rev.* 2002; 30(1):20-25.
14. Musacchia XJ, Steffen JM, Fell RD. Disuse atrophy of skeletal muscle animal models. *Exerc Sport Sci Rev.* 1988; 16:61-87.
15. Appell HJ. Muscular atrophy following immobilization: a review. *J Sports Med.* 1990; 10(1):42-58.
16. Coutinho EL, Gomes ARS, França CN, Oishi J, Salvini TF. Effect of passive stretching on the immobilized soleus muscle fiber morphology. *Braz J Med Biol Res.* 2004; 37(12):1853-1861.
17. Williams PE, Goldspink G. Connective tissue changes in immobilized muscle. *J Anat.* 1984; 138(Pt 2):343-50.
18. McDonough AL. Effects of immobilization and exercise on articular cartilage: a review of the literature. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1981; 3(1):2-5.
19. Kannus P, Józsa L, Kvist M, Järvinen T, Järvinen M. Effects of immobilization and subsequent low- and high-intensity exercise on morphology of rat calf muscles. *Scand J Méd Sci Sports.* 1998; 8(3):160-171.
20. Lapiere TK, Burton HW, Almon R, Cerny AF. Alterations in intramuscular connective tissue after limb casting contraction: induced muscle injury. *J Appl Physiol.* 1995; 78(3):1065-1069.
21. Silva CA, Guirro RR, Polacow ML, Cancelliero KM, Durigan JL. Rat hindlimb joint immobilization with acrylic resin orthoses. *Braz J Med Biol Res.* 2006; 39(7):979-985.
22. Williams PE, Catanese T, Lucey EG, Goldspink G. The importance of stretch and contractile activity in the prevention of connective tissue accumulation in muscle. *J Anat.* 1988; 158:109-14.
23. Qin L, Appell HJ, Chan KM, Maffulli N. Electrical stimulation prevents immobilization atrophy in skeletal muscle of rabbits. *Arch Phys Med Rehabil.* 1997; 78(5):512-517.

24. Haddad JB, Obolensky AG, Shinnick P. The biologic effects and the therapeutic mechanism of action of electric and electromagnetic field stimulation on bone and cartilage: new findings and a review of earlier work. *J Altern Complement Med.* 2007; 13(5):485-490.
25. Venojarvi M, Kvist M, Atalay M, Jozsa L, Kalimo H. Recovery from immobilization: responses of fast-twitch muscle fibres to spontaneous and intensive exercise in rat calf muscles. *Pathophysiology.* 2004; 11(1):17-22.
26. Stone MH. Implications for connective tissue and bone alterations resulting from resistance exercise training. *Med Sci Sports Exerc.* 1988; 20(5):162-168.
27. Williams PE. Effect of intermittent stretch on immobilized muscle. *Ann Rheum Dis.* 1988; 47(12):1014-1016.
28. Coutinho EL, DeLuca C, Salvini TF, Vidal BC. Bouts of passive stretching after immobilization of the rat soleus muscle increase collagen macromolecular organization and muscle fiber area. *Connect Tissue Res.* 2006; 47(5):278-286.
29. Lieber RL, Mckee Woodburn T, Fridén J, Gershuni DH. Recovery of the dog quadriceps after 10 weeks of immobilization followed by 4 weeks of remobilization. *J Orthop Res.* 1989; 7(3):408-412.
30. Kannus P, Józsa L, Järvinen TL, Kvist M, Vieno T, Järvinen TA, et al. Free immobilization and low- to high: intensity exercise in immobilization induced muscle atrophy. *Jappl Physiol.* 1998; 84(4):1418-1424.

Recebido em: 10/08/2006

Received in: 08/10/2006

Aprovado em: 02/08/2007

Approved in: 08/02/2007