

Lesões musculares provocadas por exercícios excêntricos

Muscular lesions provoked by eccentric exercises

Naianne Kelly Clebis *
Maria Raquel Marçal Natali **

Resumo

[1] Clebis, N.K., Natali, M.J.M. Lesões musculares provocadas por exercícios excêntricos. Rev. Bras. Ciên. e Mov. 9 (4): 47-53, 2001.

Devido à grande utilização da atividade física na atualidade, realizamos este estudo com o intuito de verificar quais são os fatores que contribuem para o surgimento das lesões nas fibras musculares estriadas esqueléticas, após atividades predominantemente excêntricas, assim como as alterações morfológicas estruturais e ultraestruturais que essas atividades induzem, uma vez, que a utilização de tal tipo de contração é freqüente nas academias, principalmente nos programas de sobrecarga progressiva. Verificamos, de acordo com a literatura, que nas ações excêntricas ocorre aumento de tensão nas fibras, pois estas são recrutadas em pequeno número, e isto desencadeia uma série de eventos a nível celular, danificando as fibras musculares. Um dos eventos mais importantes é o aumento da permeabilidade do íon cálcio, porque este provoca despolarização da membrana, aumentando os déficits contráteis. Outros fatores que podem induzir o surgimento de lesões são a fadiga muscular, os compostos reativos do oxigênio (CRO) e a alimentação. As maiores alterações morfológicas ocasionadas pelas contrações excêntricas estão relacionadas com as estruturas dos miofilamentos, dos sarcômeros e das linhas Z.

PALAVRAS-CHAVE: contração excêntrica; alterações celulares; causas; atividade física.

Abstract

[2] Clebis, N.K., Natali, M.J.M. Muscular lesions provoked by eccentric exercises. Rev. Bras. Ciên. e Mov. 9 (4): 47-53, 2001.

Due to the great current interest in physical activities, we carried out this study with the aim of verifying which are the factors contributing to the appearance of lesions in the striated skeletal muscle fibers after activities predominantly eccentric as well as the structural and ultrastructural morphological changes these activities lead to, because this kind of muscle contraction is frequent in gyms, especially in progressive loading programs. We verified that, according to the literature, eccentric actions cause increased fiber tension because fibers are recruited in few numbers, and this event triggers a series of effects at the cellular level, thus lesioning the muscle fibers. One of the major events is the increase in calcium permeability, which leads to membrane depolarization and enhances the contractile deficits. Other factors can be damaging, such as muscle fatigue, reactive oxygen species (ROE) and feeding habits. The most evident morphological changes due to eccentric contractions are related to the structure of the myofilaments, sarcomeres and Z lines.

KEYWORDS: eccentric contraction; cellular changes; causes; physical activity.

* Especialista em Morfofisiologia Aplicada à Educação e a Reabilitação Osteoarticular e Neurológica.
Rua campos Sales, 118 - Apto 302 - Zona 7
CEP: 87020-080 Maringá - Paraná
E-mail: naianne@bol.com.br

** Professora Doutora do Departamento de Ciências Morfofisiológicas da Universidade Estadual de Maringá.
Av. Colombo, 5790 - Bloco H 79
CEP: 87020-900 Maringá - Paraná
E-mail: mrmnatali@uem.br

1 Introdução

Nos últimos anos, o número de praticantes de atividade física cresceu vertiginosamente, mas não apenas a promoção da saúde foi enfocada e, sim, a questão estética, a procura por um corpo bonito (22).

Na realidade, essa busca por um corpo perfeito tornou-se o objetivo de jovens e adultos, homens e mulheres e, principalmente, o *slogan* das academias que, cada vez mais, oferecem modalidades diferentes para seus alunos, a fim de induzi-los a uma prática de atividade constante.

Para alcançarem seus ideais, muitos indivíduos sacrificam-se com dietas radicais e exercícios extenuantes, principalmente os de sobrecarga progressiva, não respeitando seus limites, ou seja, sexo, condição física etc.

Existem, porém, profissionais conscientes dos malefícios do “*overuse*” que, de acordo com (16), é o resultado de forças repetitivas sobre uma estrutura, além da habilidade da estrutura absorver tais forças, mas devido ao modismo implantado, onde o importante é ter um corpo definido, os exercícios físicos passaram a ser altamente utilizados com o objetivo de conquistar aumento de massa muscular. Nota-se que esses exercícios são efetuados, geralmente, com grande intensidade, duração e frequência que poderão provocar lesões musculares, por excesso de atividade.

Embora não se conheçam com clareza os mecanismos que podem proporcionar as lesões musculares, possivelmente estas estão relacionadas com as concentrações dos íons cálcio e com a própria mecânica do movimento. De qualquer forma, as lesões musculares esqueléticas (alterações morfofuncionais) são uma constante na vida dos indivíduos que realizam alguma atividade física e podem ser mais frequentes naquelas atividades, onde há um grande número de ações excêntricas (5). Nesse tipo de exercícios há aumento da tensão muscular e a realização do movimento de alongamento do músculo (15).

Essas lesões podem ser variavelmente classificadas, levando em consideração o grau de comprometimento das fibras musculares.

Desta forma, este estudo bibliográfico tem como objetivo verificar os agentes causadores das lesões e as alterações morfológicas causadas por esses agentes nas fibras musculares estriadas esqueléticas, principalmente nos exercícios de contração excêntrica.

2 Desenvolvimento

2.1 Lesões Musculares

As lesões musculares podem ser entendidas como qualquer alteração que promova um mau funcionamento do músculo, seja ela morfológica ou histoquímica (8).

O primeiro nível de lesão é denominado microtraumatismo, que é um “*stress*” local que não de-

monstra sintomas. Se essa lesão passa a ocorrer constantemente (efeito somativo), os sinais de dano tecidual começam a aparecer. As lesões deste tipo são denominadas, de forma geral, lesões por “*overuse*” (16).

As lesões musculares ou distensões musculares são aquelas onde há ruptura de fibras musculares, na junção músculo-tendão, no tendão ou na inserção óssea de uma unidade músculo-tendínea (24).

Existem várias classificações para estabelecer o nível das lesões musculares.

Levando em consideração o grau de comprometimento das fibras musculares, elas podem ser classificadas como: lesão de grau 1, onde há ruptura mínima das fibras; lesão de grau 2, onde ocorre laceração muscular com significativa hemorragia e lesão de grau 3, como sendo aquela onde ocorre completa perda de função e continuidade da maior parte ou de todo o músculo (24).

O nível de uma lesão é determinado pela duração e intensidade do exercício. Desta forma, atividades de resistência ou de explosão produzem vários níveis de resposta celular e de lesão muscular (4).

O maior risco de lesão muscular ocorre durante a contração excêntrica pois, neste tipo de ação, realiza-se trabalho de força e de alongamento ao mesmo tempo, aumentando, assim, o “*stress*” sobre os tecidos (12).

As lesões ocorrem porque as ações de alongamento provocam uma extensão além do normal de alguns sarcômeros, causando, desta forma, danos aos mesmos (3).

Para entender as alterações morfológicas que ocorrem devido às lesões, é necessário, então, compreender primeiramente os fatores que condicionam tais lesões, para, a partir daí, observar as mudanças estruturais que as fibras musculares podem apresentar.

2.2 Fatores que podem dar origem às lesões musculares esqueléticas

Várias causas são apontadas como possíveis fatores responsáveis pelas lesões nas fibras musculares estriadas esqueléticas. Alguns estudos ressaltam a influência da fadiga muscular, do íon cálcio, dos compostos reativos do oxigênio (CRO) e da alimentação.

Fadiga muscular como fator precursor de lesão muscular: A fadiga muscular pode ocorrer devido às falhas do nervo motor, da junção neuromuscular, do sistema nervoso central e também do mecanismo contrátil. A fadiga do mecanismo contrátil se dá pela depleção das reservas de ATP e PC, depleção das reservas de glicogênio muscular e pelo acúmulo de ácido lático (10).

O músculo sóleo de ratos Fischer fêmeas, com 26 $\pm$ 3 dias e 43,5 $\pm$ 2,7 gramas, foi estudado e observou-se que as lesões musculares surgem pelo acúmulo de contrações, provocando fadiga muscular por volta da oitava ou nona contrações (30).

A fadiga muscular pode alterar o bom funcionamento muscular, devido ao esgotamento de mediadores em vários níveis, podendo estabelecer um desequilíbrio muscular, favorecendo o surgimento de lesões (9).

Influência do íon cálcio no surgimento das lesões musculares esqueléticas: Nas células em geral verifica-se a ocorrência de aproximadamente 70 a 80% de água, 10 a 20% de proteínas, 2% de lipídios, 1% de carboidratos e vários íons, principalmente potássio, magnésio, fosfato, sulfato, bicarbonato e pequenas quantidades dos íons sódio, cloro e cálcio (13).

Ao contrário do que ocorre no meio intracelular, onde existe aproximadamente 10^{-7} mM de Ca^{2+} , o meio extracelular possui grandes quantidades deste íon, cerca de 1-2 mM. Quando o Ca^{2+} é liberado no sarcoplasma, desencadeia diversos processos biológicos, uma vez que atinge proteínas ligadoras de cálcio que podem interagir com as chamadas proteínas-alvo, modificando-as em sua atividade, (13;27).

As lesões musculares e morte celular ocorrem devido à quebra da homeostase celular ao íon Ca^{2+} , ou seja, ao mau funcionamento dos mecanismos responsáveis por manterem baixas as concentrações deste íon, no interior da célula (5).

A tensão provocada pelo exercício físico ativa os *canais de cálcio* da membrana, facilitando a penetração deste no interior das fibras musculares (3).

Compostos reativos do oxigênio (CRO) e as lesões músculo-esqueléticas: Além da tensão, o pH sarcoplasmático, a temperatura, o mau funcionamento dos canais de cálcio, a formação de CRO são fatores que podem influenciar na quebra da homeostase ao íon Ca^{2+} , durante a atividade física (1).

A quebra da homeostase, que acarreta lesão muscular, está ligada também à produção de CRO. Estes compostos podem modificar proteínas e ácidos nucleicos, assim como alterar o funcionamento e a estrutura das membranas celulares, devido à peroxidação lipídica, podendo provocar lesões celulares (5).

Os CRO são produzidos na membrana citoplasmática, no retículo endoplasmático, nos lisossomos, nas mitocôndrias, nos peroxisomas e no citosol, e sua produção é proporcional à quantidade de oxigênio consumida pelas mitocôndrias, num certo tempo e, conseqüentemente, aumenta durante uma atividade física, o que provoca um desequilíbrio de CRO, causando um “stress oxidativo” (5).

O “stress oxidativo” ocorre devido ao predomínio de prooxidantes, em relação às trocas antioxidantes (25).

A alimentação e as lesões musculares: A alimentação tem por finalidade suprir o dispêndio energético relacionado ao funcionamento do organismo e ao trabalho realizado, ou seja, o exercício físico (23). Uma boa alimentação deve conter carboidratos, gorduras, proteínas, vitaminas, minerais e água. Desses elementos, o carboidrato é a principal fonte de energia durante os exercícios de “*steady-state*”, pois possui maior número de oxigênio. Assim, dietas que não contêm carboidratos provocam diminuição do desempenho do trabalho, o que pode levar à exaustão mais rapidamente (10).

2.3 Alterações morfológicas nas fibras musculares após o exercício excêntrico

Os músculos estriados esqueléticos possuem diferentes tipos de fibras que se adaptam, física e bioquimicamente, para responder “adequadamente” ao que lhe é exigido (31).

As alterações que acontecem a nível muscular são determinadas pela forma de atividade contrátil que esses músculos executam (26). Se essas alterações, porém, provocarem mau funcionamento muscular, diz-se que ocorreu lesão muscular (8).

O grau da lesão muscular depende da duração e intensidade do exercício, se realizados de forma exaustiva, ambos provocam danos celulares, e a degeneração ocorre segundo níveis crescentes, a partir das miofibrilas ou miofibrilas e sarcoplasma e segue para sarcolema; atinge células miosatélites, chegando ao endomísio e capilares (4).

As alterações provocadas pelo exercício que sugerem lesão muscular são: irregularidades do padrão estriado, vacuolização sarcoplasmática, núcleos picnóticos e em posição central, áreas de necrose segmentar e invasão leucocitária (5).

Alterações estruturais e ultraestruturais nas fibras musculares foram evidenciadas após exercícios excêntricos (20). Utilizando quatro indivíduos (3 homens, 22 a 45 anos e 1 mulher, 22 anos), eles aplicaram um teste de step (escada) durante 20 minutos. Nesse teste, o músculo quadríceps era contraído concêntrica na perna que estivesse pisando acima e excêntrica (músculo contralateral) na perna que estivesse pisando abaixo. Antes do exercício (3 semanas) foram feitas biópsias em 3 indivíduos e, imediatamente após a atividade, assim como entre 24h e 48h após o exercício, foram feitas biópsias em todos os participantes, e os seguintes dados foram observados:

Em microscopia de luz, observou-se que, imediatamente após o exercício, 16% das fibras apresentaram lesões focais (rompimento que afeta 1 ou 2 miofibrilas e/ou sarcômeros adjacentes), 16% lesões extensas (rompimento de mais de 2 miofibrilas e/ou sarcômeros adjacentes) e 8% tiveram lesões muito extensas (quando ocorrem mais de 10 lesões focais).

Aproximadamente 30h após o exercício, 6% das fibras demonstraram lesões focais, 23%, lesões extensas, 28%, lesões muito extensas e 45% pareceram normais.

Os achados em microscopia eletrônica revelaram que, imediatamente após o exercício, muitos sarcômeros encontravam-se rompidos, desorganização dos miofilamentos e o material que compõe a linha Z move-se pelo sarcômero (lesões focais). Em grandes áreas foi possível observar rompimento da arquitetura com desorientação de organelas e miofilamentos de suas posições usuais.

Por volta de 30h após a atividade, foi observado que os tipos de danos eram praticamente os mesmos apresentados no período anterior, porém houve diminuição das áreas focais e aumento de áreas difundidas, atingindo mais sarcômeros. Portanto, lesões focais observadas imediata-

mente após o exercício seriam os precursores de lesões extensas, observadas em biópsias mais tardias.

A ação do exercício excêntrico sobre os músculos flexores do cotovelo e músculos gastrocnêmios e sóleo (tríceps sural) foi analisada (14). Nesse estudo, sete indivíduos realizaram contrações excêntricas com os flexores do cotovelo, na frequência de 1 contração por minuto e, após 20 minutos, 2 ações por minuto, até a força gerada ser menor que 50% daquela mensurada no início do exercício. Após as atividades, foram realizadas biópsias com agulha, amostras foram congeladas em nitrogênio líquido e coradas com hematoxilina e eosina (HE). Foram observadas fibras musculares em degeneração (em 2 participantes), indicando atividade lisossomal, diferenças no tamanho da fibra e infiltração de células mononucleares. A análise do músculo tríceps sural foi feita após a atividade de caminhada para trás, em uma esteira inclinada, de um homem (40 anos) e uma mulher (35 anos) que realizaram caminhada durante 1,5h e 2h, respectivamente. A metodologia para captação de amostra do músculo e a coloração foi a mesma que no experimento anterior, e também foi verificado infiltração de células mononucleares.

Dois ratos foram utilizados para verificar, através da excitação do músculo extensor longo dos dedos e um grupo de músculos que realiza dorsiflexão, as mudanças provocadas pelo exercício excêntrico (8). Após a atividade (excitação), amostras foram retiradas e preparadas histologicamente, sendo fixadas em solução de Bouin e coradas com HE e azul de toluidina. Após análise, verificaram a presença de danos iniciais e secundários. Os danos iniciais foram desorganização da linha Z e o deslocamento de alguns filamentos grossos da linha Z. Os danos secundários foram infiltração de macrófagos nas fibras musculares.

Experimentos foram realizados com ratos Sprague-Dawley (265 animais) machos, pesando entre 300-360 gramas, que correram em um esteira (1). Os animais foram divididos em 3 grandes grupos (protocolo I, II e III) e nos protocolos foram subdivididos em: ratos-controle, corredores de nível (inclinação zero), corredores para cima (inclinação +16°) e corredores para baixo (inclinação -16°). Os corredores para baixo realizaram contrações excêntricas, enquanto os que correram para cima, ações concêntricas; os corredores de nível, a mesma quantia de ações concêntricas e excêntricas. Os animais correram durante 90 minutos, à velocidade de 16m.min⁻¹. Imediatamente após e até 192 horas do exercício foram realizadas biópsias. Depois de anestesiados, foram retiradas amostras dos músculos tríceps braquial (todas as porções), sóleo, vasto intermédio e tibial anterior. Cortes de 6mm e 1.5-2mm foram corados com HE. Cortes de 1mm foram corados com azul de toluidina 1%. Nos animais que realizaram contrações excêntricas (corrida para baixo) foram observados, imediatamente após o exercício, desarranjo no padrão de normalidade de ligamentos e ruptura do sarcolema em algumas fibras; 24h após o exercício, fibroblastos ativos (m. sóleo, m. vasto intermédio e m. tríceps braquial porção medial), monócitos e macrófagos, eosinófilos (ocasionalmente) e fibras sofrendo fagocitose (menos de 5%) e, 3 dias após o exercício, foram verificadas evidências de regeneração.

Os efeitos das ações excêntricas no músculo extensor longo dos dedos (esquerdo-experimental, direito-controle) de camundongos fêmeas, com 4-8 semanas de idade e 26.2 ± 0.4 gramas, foram observados (17). Os músculos foram estimulados 3 vezes no nervo peroneal (*nervo fibular*), cada estimulação durando 5 minutos. Os animais foram sacrificadas 1, 2, 4 e 5 dias após a atividade, e as amostras foram fixadas na solução de Bouin e coradas com HE (cortes de 7mm e 14mm). Um dia após as contrações excêntricas, foram observadas fibras com sinais de rompimento. De 2-4 dias, presença de macrófagos e fibras em degeneração foram encontrados. Após 4 e 5 dias ao exercício, as fibras musculares começaram a demonstrar sinais de regeneração, sendo possível a observação de mioblastos e miotubos.

O músculo extensor longo dos dedos e tibial anterior de 130 camundongos foram estudados através do nervo peroneal (*nervo fibular*) (7). Cada estimulação durava 5 segundos, e estas foram realizadas por 30 minutos. Amostras foram retiradas e realizados cortes de 8mm que foram corados com HE e, somente após 3-5 dias ao exercício, foi verificada uma resposta inflamatória.

As células mononucleares que aparecem no endomísio e no interior das fibras musculares são, principalmente, macrófagos, significando resposta inflamatória (5).

Uma bicicleta ergométrica modificada foi utilizada para o exercício excêntrico; estudaram 12 indivíduos do sexo masculino, com 25 ± 7 anos que pedalarão a uma frequência de 60 rpm, durante 30 minutos (11). Biópsias foram realizadas com 5 participantes, com 1h, 3 dias e 6 dias após a atividade, sendo retiradas amostras do músculo vasto lateral direito. Cortes de 1mm foram corados com azul de toluidina para análise em microscópio de luz e foram observadas alterações focais nas fibras musculares. Após 1 hora ao exercício, alterações no tamanho e forma das fibras foram observadas em cerca de 50 a 155 fibras. No terceiro dia após o exercício, as alterações atingiram 155 a 298 fibras e, 6 dias após a atividade, as alterações atingiram de 20 a 168 fibras (12%), mostrando uma recuperação, uma normalização das fibras. Na análise em microscopia eletrônica foram observadas: perturbações no padrão estriado, deslocamento da linha Z, desorganização dos miofilamentos nos sarcômeros adjacentes à linha Z, comprometimento de, no mínimo, uma linha Z e uma miofibrila, fendas no padrão regular das linhas Z, perda aparente de miofilamentos, ausência de mitocôndrias nas áreas afetadas e desarranjo de filamentos na banda I.

Ratos Sprague-Dawley fêmeas, com 28 ± 4 dias e 48.2 ± 3 gramas, serviram de amostra para os estudos (29). O músculo sóleo foi isolado e montado em uma câmara com Krebs-Ringer através de seus tendões. Ao tendão proximal foi fixado um aparato (Cambridge Technology model 300B) para avaliação de posição. Um protocolo de pré-dano foi aplicado nos ratos e consistia na realização de 2 contrações isométricas. Após, o músculo foi estimulado a contrair excentricamente 5 vezes em velocidade constante, com intervalo de 4 minutos entre as ações. Amostras do músculo sóleo foram fixadas em Karnovsky (por 20 minutos) e submetidas a processamento para microscopia ele-

trônica. Pôde ser evidenciada dissolução de sarcômeros e deslocamento da linha Z.

O início da reorganização muscular ocorre pela ativação de células satélites que estão localizadas entre a membrana basal e o plasmalema. Estas células são ativadas pela própria lesão muscular. Após essa estimulação, elas iniciam um processo de divisão celular (mitose) e se alinham pela lâmina basal, difundindo-se para dentro dos miotúbulos. Elas, então, transformam-se em miofibras imaturas para posteriormente se diferenciarem em fibras musculares, e o processo completo de regeneração demora aproximadamente seis meses (24).

2.4 Contrações excêntricas e atividade física

Muitos são os danos e/ou alterações provocados pelas contrações excêntricas, mas este tipo de ação não é utilizado apenas em laboratório para testes, pelo contrário, é usado freqüentemente na educação física (academias) e, em alguns casos, na vida diária.

A contração excêntrica é freqüentemente realizada em modalidades esportivas como: futebol americano, basquete, futebol e rúgbi (12).

Atividades como musculação também envolvem contrações do tipo excêntricas. Para analisar os efeitos dessas sobre os flexores do cotovelo, experimentos foram realizados (2;14;19;21;28). Este exercício em musculação é denominado “rosca” e está esquematizado abaixo.

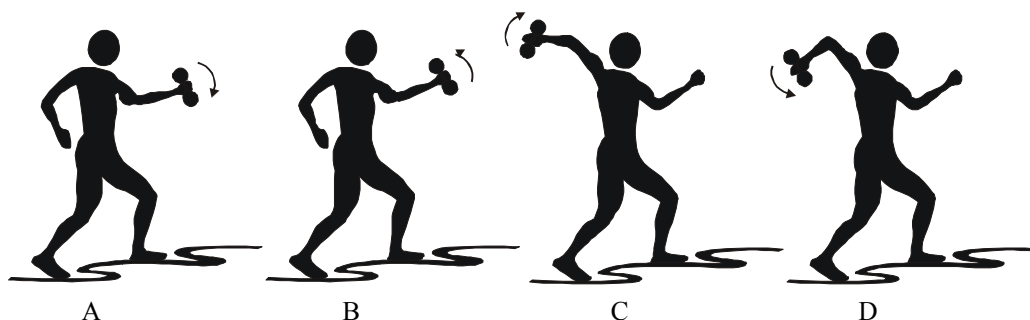


representada a fase *EXCÊNTRICA*.

A

B

Exercícios foram aplicados em ratos, para analisar como a contração excêntrica atuava no músculo tríceps braquial desses animais (1). Em humanos, este grupo muscular também é trabalhado excentricamente, como demonstram os esquemas a seguir.



A

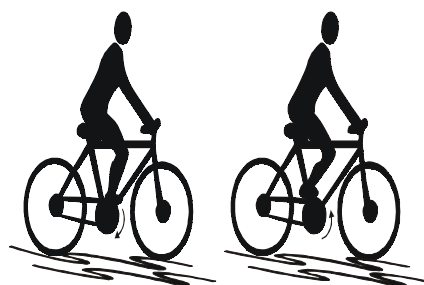
B

C

D

No esquema anterior estão representadas algumas maneiras de realizar exercícios para o músculo tríceps braquial. Em A e C são exemplificadas as fases concêntricas e em B e D as fases *EXCÊNTRICAS* do exercício tríceps.

Experimentos utilizando humanos foram realizados em bicicletas ergométricas modificadas para o exercício excêntrico e analisaram o músculo quadríceps femoral (6;11). Além do ciclismo, o exercício realizado no aparelho denominado “cadeira extensora” trabalha esse grupo muscular e é freqüentemente utilizado em academias. As duas formas de exercício são esquematizadas abaixo.



A

B



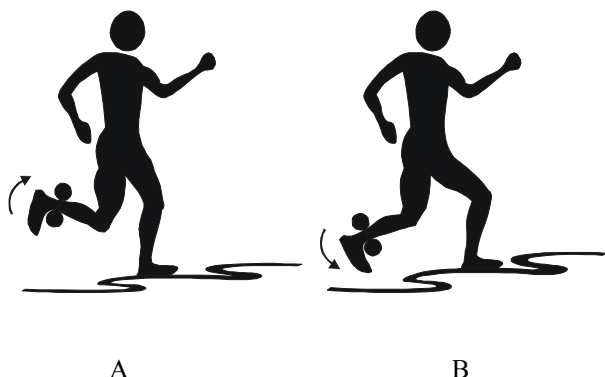
C

D

No esquema A está esquematizada a forma concêntrica de pedalar (normal) e, no esquema B, a forma *EXCÊNTRICA* do ciclismo (modificado).

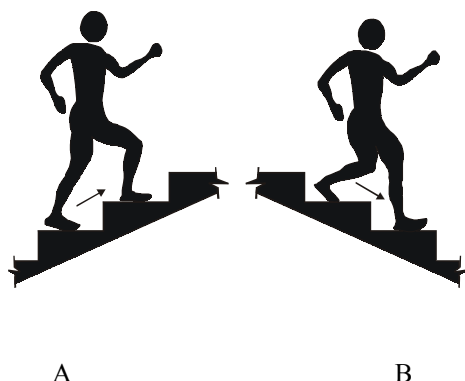
Em C está representada a fase *EXCÊNTRICA* do exercício de quadríceps e, em D, a fase concêntrica no aparelho “cadeira extensora”.

Os músculos bíceps femorais foram analisados eletromiograficamente durante contrações excêntricas (18). Este grupo muscular é freqüentemente exercitado na musculação, num aparelho denominado “cadeira flexora”, e está esquematizado abaixo.



No esquema anterior são demonstradas as fases do exercício de flexão do joelho. Em A é representada a fase concêntrica do exercício e, em B, a fase *EXCÊNTRICA*.

A ação dos tríceps surais (gastrocnêmios e sóleo), durante contrações excêntricas, foi estudada em indivíduos que caminharam para trás em uma esteira (14) e em ratos que correram em uma esteira inclinada (-16°) (1). Ações como andar e correr, tanto em subida como em descida, são uma constante em academias e até mesmo na vida diária. O esquema abaixo demonstra a atividade de subir e descer escadas.



Na fase de subida são realizadas, principalmente, ações concêntricas (A), e na fase de descida são executadas ações *EXCÊNTRICAS* (B).

3 Considerações finais

Várias formas de treinamento físico são utilizadas para fortalecer os músculos, mas os princípios de sobrecarga progressiva são os mais comuns nas academias, tanto em corrida (esteira), quanto no ciclismo (bicicleta ergométrica) e, sobretudo, no treinamento com pesos (musculação), pois estes são tidos como os mais eficientes para o ganho de massa muscular.

Independentemente de se trabalhar com peso livre ou em aparelhos, podemos verificar que os exercícios com peso (por exemplo, bíceps, tríceps etc) possuem etapas distintas que trabalham predominantemente um ou outro tipo de contração muscular, representando as contrações concêntricas (isotônicas) e excêntricas.

Dessa forma, podemos observar que as contrações do tipo excêntricas são freqüentemente utilizadas, pois provocam inúmeras microrrupturas nas fibras musculares, induzindo à dor, após o treinamento. São essas microlesões as grandes vilãs do treinamento de sobrecarga, uma vez que, além da dor, elas provocam inchaço e aumento da síntese de proteínas e, conseqüentemente, a sensação de aumento no tamanho do músculo.

Mudanças morfológicas e histoquímicas que ocorrem devido a esse tipo de contração podem afetar o bom funcionamento dos músculos.

Por esta razão, procuramos demonstrar, neste estudo, as principais alterações morfológicas que ocorrem a nível estrutural e ultraestrutural nas fibras musculares estriadas esqueléticas, após o exercício excêntrico, para conscientizar os profissionais que atuam nesta área sobre os riscos de tal atividade.

As alterações verificadas foram predominantemente desarranjos e rompimentos de miofilamentos, de linhas Z, de sarcômeros, rompimento da arquitetura e desorganização das organelas, rompimento do sarcolema, atividade lisossomal acentuada e infiltração de células mononucleadas, principalmente macrófagos.

4 Bibliografia

1. ARMSTRONG, R. B. et al. Eccentric exercise-induced injury to rat skeletal muscle. *J. Appl. Physiol.*, v.54, n.1, p.80-93, 1983.
2. CHEN, T. C. & HSIEH, S. S. The effects of repeated maximal voluntary isokinetic eccentric exercise on recovery from muscle damage. *Research Quarterly Exercise and Sport*, v.71, n.3, p.260-266, 2000.
3. CLARKSON, P. M. Eccentric exercise and muscle damage. *Int. J. Sports Med*, v.18, n.4, p.314-317, 1997.
4. DAL PAI, V. Esporte e lesão muscular. *Rev. Bras. Neurológica*, v.30, n.2, p.45-48, 1994.
5. DUARTE, J. A. R. Lesões celulares do músculo esquelético induzidas pelo exercício físico, Portugal. Dissertação de Doutorado em Ciências do Desporto, especialidade Biologia do Desporto, Porto: Faculdades de Ciências do Desporto e de Educação Física, Universidade do Porto, 1993.
6. ENNS, D. et al. Alterations in sarcoplasmic reticulum function in female vastus lateralis with eccentric exercise. *Molecular and Cellular Biochemistry*, v.202, p.19-30, 1999.
7. FAULKNER, J. A. et al. Injury to skeletal muscles of

- mice by forced lengthening during contractions. *Quarterly Journal of Experimental Physiology*, v.74, p.661-670, 1989.
8. FAULKNER, J. A. et al. Injury to skeletal muscle fibers during contractions: conditions of occurrence and prevention. *Physical Therapy*, v.73, n.12, p.911-921, 1993.
 9. FITTS, R. H. Muscle fatigue: the cellular aspects. *The American Journal of Sports Medicine*, v.24, n.6, p.9-13, 1996.
 10. FOX, E. L. et al. Bases fisiológicas da educação física e dos desportos. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991.
 11. FRIDÉN, J. et al. Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. *Int. J. Sports Med*, v.4, n.3, p.170-176, 1983.
 12. GARRETT JÚNIOR, W. E. Muscle strain injuries. *The American Journal of Sports Medicine*, v.24, n.6, p.2-8, 1996.
 13. GUYTON, A. C. & HALL, J. E. Tratado de fisiologia médica. 9ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.
 14. JONES, D. A. et al. Experimental human muscles damage: morphological changes in relation to other indices of damage. *J. Physiol*, v.375, p.435-448, 1986.
 15. MARQUES, A. P. Cadeias Musculares: Um Programa para Ensinar Avaliação Fisioterapêutica Global. São Paulo: Editora Manole, 2000.
 16. MATSUDO, V. K. R. Lesões ósteo-musculares e a prática da aeróbica. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, v.4, n.2, p.62-70, 1990.
 17. McCULLY, K. K. & FAULKNER, J. A. Injury to skeletal muscle fibers of mice following lengthening contractions. *J. Appl. Physiol*, v.59, n.1, p.119-126, 1985.
 18. McHUGH, M. P. et al. Electromyographic analysis of exercise resulting symptoms of muscle damage. *Journal of Sports Sciences*, v.18, p.163-172, 2000.
 19. NEWHAM, D. J. et al. Muscle fatigue and pain after eccentric contractions at long and short length. *Clinical Science*, v.74, p.553-557, 1988.
 20. NEWHAM, D. J. et al. Ultrastructural changes after eccentric and concentric contractions of human muscle. *Journal of Neurological Sciences*, v.61, p.109-122, 1983.
 21. NOSAKA, K. & CLARKSON, P. M. Influence of previous concentric exercise on eccentric exercise-induced muscle damage. *Journal of Sports Sciences*, v.15, p.477-483, 1997.
 22. OLIVA, O. J. et al. Possíveis lesões musculares e ou articulares causadas por sobrecarga na prática da musculação. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde*, v.3, n.3, p.15-23, Supl. Mar/1998.
 23. PINI, M. C. Fisiologia Esportiva. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1983.
 24. PINTO, S. S. & CASTILLO, A. A. Lesão Muscular: Fisiopatologia e Tratamento. *Rev. Fisioterapia em Movimento*, v.12, n.2, p.23-36, 1998.
 25. PRYOR, W. A. & GODBER, S. S. Noninvasive measures of oxidative stress status in human. *Free Radical Biology and Medicine*, v.10, p.177-184, 1991.
 26. SOARES, J. M. C. Efeitos do aumento da actividade contráctil na morfologia e na funcionalidade muscular. *Es-paço*, v.1, n.1, p.59-65, 1993.
 27. STRYER, L. Bioquímica. 3ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992.
 28. TEAGUE, B. N. & SCHWANE, J. A. Effect of intermittent eccentric contractions on symptoms of muscle microinjury. *Med. Sci. Sports Exerc*, v.27, n.10, p.1378-1384, 1995.
 29. WARREN, G. L. et al. Mechanical factors in the initiation of eccentric contraction-induced injury in rat soleus muscle. *Journal of Physiology*, v.464, p.457-475, 1993a.
 30. WARREN, G. L. et al. Material fatigue initiates eccentric contraction-induced injury in rat soleus muscle. *Journal of Physiolgy*, v.464, p.477-489, 1993b.
 31. YANG, S. et al. Changes in muscle fibre type, muscle mass and IGI-I gene expression in rabbit skeletal muscle subjected to stretch. *Journal of Anatomy*, v.4, p.613-622, May/1997.