

Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício 2017;16(1):27-34

## REVISÃO

### Efeitos benéficos das ações excêntricas no treino resistido

#### *Effects of eccentric actions in resistance training*

Priscilla Gois Basilio\*, Ricardo Trauer Tajes\*\*, Alfredo Domingos Torres Filho\*\*\*, Leonardo Emmanuel de Medeiros Lima\*\*\*

*\*Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, \*\*Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, \*\*\*Faculdades Integradas de Cassilândia (FIC), Universidade Anhembí Morumbi, São Paulo*

Recebido em 5 de agosto de 2016; aceito em 31 de janeiro de 2017.

**Endereço para correspondência:** Priscilla Gois Basilio, Avenida Costa e Silva S/N, Vila Progresso 79080000 Campo Grande MS, E-mail: priscillaedfisica@hotmail.com; Ricardo Trauer Tajes: rtrauer@hotmail.com; Alfredo Domingos Torres Filho: alfredo\_pct@globocom.com; Leonardo Emmanuel de Medeiros Lima: leonardolimadocente@gmail.com

## Resumo

Com o intuito de maximizar os ganhos obtidos com o treinamento de força, tem-se discutido os resultados que melhoram o desempenho, utilizando ações excêntricas, para obter uma maior hipertrofia muscular. O objetivo do presente artigo é apresentar e discutir os efeitos adaptativos provocados pelo treinamento resistido e os mecanismos envolvidos com ênfase nas ações excêntricas. Trata-se de uma revisão bibliográfica qualitativa narrativa. Para esta revisão foram pesquisados artigos em inglês e português nas bases de dados eletrônicas PubMed/MedLine, Lilacs e Scielo. A análise dos estudos encontrados foi feita de forma descritiva, incluindo material bibliográfico do período entre 1990 a 2014. Durante as ações excêntricas, o músculo tende a gerar tensão com o alongamento do seu comprimento na direção em que a força aplicada pelo músculo é contrária a direção do deslocamento. Essa ação gera maior quantidade de força quando comparada a ações isométricas e concêntricas. Quando um músculo é alongado contra a resistência, gera uma tensão passiva, a qual aumenta enquanto o músculo é alongado durante o exercício. Essa tensão se junta à tensão ativa durante a ação excêntrica (AE), resultando em uma maior produção de força do que em uma ação concêntrica na qual tem apenas uma tensão ativa. No presente trabalho com base na pesquisa realizada observou-se que o treinamento com AE é mais eficaz no treinamento resistido, quando comparado às ações concêntricas e isométricas.

**Palavras-chave:** treinamento resistido, ação excêntrica, força muscular.

## Abstract

In order to maximize the gains from strength training, it has been discussed the results that improve performance using exercises that involve eccentric actions, aiming at greater muscle hypertrophy. The objective of this paper is to present and discuss the adaptive effects of resistance training and the mechanisms involved with emphasis on eccentric actions. This is a narrative literature review of articles in English and Portuguese languages from Pubmed/Medline, Lilacs e Scielo databases from 1990 to 2014. During the eccentric actions, the muscle tends to generate tension while stretching its length in the direction in which the force applied by the muscle is opposite to the direction of movement. This action generates greater amount of force compared to isometric and concentric actions. When a muscle is stretched to a resistance barrier, the same generates a passive tension, which increases as the muscle is stretched during exercise. This tension joins the active tension during eccentric action, which results in greater force production than in a concentric action where there is only one active tension. In this paper based on the survey we observed that training with eccentric action is most effective in resistance training, compared to the concentric and isometric actions.

**Key-words:** resistance training, eccentric action, muscle strength.

## Introdução

O músculo esquelético é considerado o tecido mais presente no corpo humano e com funções essenciais, como no metabolismo em geral e na locomoção [1]. Sabe-se que as fibras musculares possuem o potencial de alterar suas propriedades funcionais através de um mecanismo quantitativo, ou seja, tanto passa por uma atrofia, quanto por uma hipertrofia. Este mecanismo básico é importante para que o músculo esquelético tenha sua diversidade e plasticidade [2].

Na sociedade atual tem-se atribuído grande relevância em relação ao treinamento de força, tanto para atletas para o aprimoramento e melhora no desempenho, como para a população em geral, visando à manutenção da saúde [3]. E sabe-se também que a hipertrofia muscular é um dos principais objetivos da prática do treinamento de força.

Considerando a plasticidade do músculo esquelético, faz-se importante compreender os mecanismos existentes que levam o músculo esquelético a hipertrofia após sofrer estímulos oriundos do treinamento de força, até mesmo para que os benefícios deste tipo de estímulo possam ser maximizados e potencializados. Levando em conta este ponto, existem diversos métodos e sistemas de treinamento de força que levam a hipertrofia. A principal diferença entre eles está na forma como as variáveis de treino são utilizadas para gerar as adaptações. Dentre essas variáveis estão: intensidade, volume, períodos de descanso entre séries e exercícios e ordem dos exercícios [4,5].

Entretanto, existe outro fator importante que vem sendo investigado na promoção da hipertrofia muscular: a escolha do tipo de ação muscular (concêntricas, isométricas e excêntricas) e sua velocidade de execução [6-9].

Com a finalidade de maximizar os ganhos obtidos com o treinamento de força, tem-se discutido os resultados que melhoram o desempenho, utilizando ações excêntricas, com o intuito de uma maior hipertrofia muscular. Desta forma o objetivo do presente artigo é apresentar e discutir os efeitos adaptativos provocados pelo treinamento resistido e os mecanismos envolvidos com ênfase nas ações excêntricas.

## Material e métodos

Trata-se de uma revisão bibliográfica qualitativa narrativa. Para esta revisão foram pesquisados artigos em inglês e português nas bases de dados eletrônicas PubMed/MedLine, Lilacs e Scielo com a seguinte estratégia de busca: treinamento resistido, ação excêntrica, força muscular, *resistance training*, *eccentric action*, *muscle strength*. Buscas manuais foram feitas às referências bibliográficas dos artigos encontrados.

A análise dos estudos encontrados foi feita de forma descritiva, incluindo material bibliográfico do período entre 1990 a 2014. Utilizamos estratégia de artigos cujo delineamento do trabalho representasse pesquisas experimentais em humanos, revisões críticas e sistemáticas, nas quais as palavras-chave utilizadas na busca aparecessem no título ou no resumo do artigo.

### *Plasticidade do músculo esquelético*

O músculo esquelético é o tecido mais presente em nosso corpo, representa até 50% da nossa massa corporal e possui funções essenciais na locomoção, na produção de calor durante o frio e no metabolismo geral do organismo [1].

Este músculo é composto de vários fascículos ou feixes musculares. Cada feixe muscular é coberto pelo sarcolema, a membrana plasmática. Dentro de cada feixe se encontram unidades menores, denominadas miofibrilas. Neste contexto juntamente com as miofibrilas encontra-se o núcleo, a mitocôndria e o retículo sarcoplasmático, que envolve cada miofibrila do feixe muscular. Cada miofibrila é composta por dois filamentos de proteínas actina e miosina, que correspondem a 85% do conteúdo miofibrilar [10]. A disposição desses filamentos proteicos dá ao músculo esquelético a aparência de estriado [1].

Segundo McArdle, Katch e Katch [10], sua classificação é com base na morfologia, histoquímica e bioquímica, função e contratilidade. Os estudiosos da área mostraram que o músculo esquelético é dividido em quatro tipos de fibras: tipo I, tipo IIa, tipo IIx e tipo IIb. A fibra tipo I é lenta em relação ao tempo de contração e apresenta neurônio motor pequeno. Possui alta resistência à fadiga, usada para atividades aeróbias, possui horas de duração máxima,

com baixa produção de força, alta densidade mitocondrial, capilar e capacidade oxidativa. Capacidade glicolítica baixa, seu principal combustível de armazenamento é o triacilglicerol e sua cadeia pesada de miosina é a MYH7. A fibra tipo IIa é moderadamente rápida em relação ao tempo de contração e apresenta neurônio motor médio. Sua resistência à fadiga é relativamente alta, é utilizada para atividades anaeróbias a longo prazo. Sua duração máxima de uso é inferior a 30 minutos, com média produção de força. Apresenta também alta densidade mitocondrial e capacidade oxidativa, porém a densidade capilar é intermediária e a capacidade glicolítica é alta. Seu principal combustível de armazenamento é o fosfato de creatina e o glicogênio e sua cadeia pesada de miosina é a MYH2. Já a fibra tipo IIx possui rápido tempo de contração e apresenta neurônio motor grande. Sua resistência à fadiga é intermediária e sua utilização é para atividades anaeróbias a curto prazo. Sua duração máxima é menor que 5 minutos. Possui produção de força alta, média densidade mitocondrial e baixa densidade capilar. Apresenta capacidade oxidativa intermediária e alta capacidade glicolítica. Assim como nas fibras IIx, seu principal combustível de armazenamento é o fosfato de creatina e o glicogênio. A cadeia que representa esta fibra é a MYH1. E a fibra tipo IIb possui tempo de contração muito rápido e seu neurônio motor é de tamanho muito grande. Possui baixa resistência à fadiga, com tempo de duração máxima de uso de menos de 1 minuto e por isso é utilizado em atividades anaeróbias a curto prazo. Sua produção de força é muito alta, porém sua capacidade oxidativa, densidade capilar e densidade mitocondrial são baixas. Apresenta alta capacidade glicolítica e seu principal combustível de armazenamento também é o fosfato de creatina e glicogênio. É representada pela cadeia MYH4.

Há muito tempo se sabe que as fibras musculares possuem o potencial de alterar suas propriedades funcionais através de um mecanismo quantitativo, isto é, ele pode tanto passar por uma atrofia, quanto por uma hipertrofia. Este mecanismo básico é importante para que o músculo esquelético tenha sua diversidade e plasticidade. Já sobre o mecanismo qualitativo base da plasticidade do músculo esquelético o entendimento progrediu de forma lenta até o final de 1980 [2].

#### *Treinamento de força*

Na sociedade atual tem se atribuído grande relevância, em relação ao treinamento de força, tanto a atletas de diversas modalidades para o aprimoramento e melhora no desempenho, como a população geral, visando à manutenção da saúde [2]. Sabe-se que a hipertrofia muscular é um dos principais objetivos do praticante do treinamento de força.

Considerando a plasticidade do músculo esquelético, faz-se importante compreender os mecanismos existentes que levam o músculo esquelético a hipertrofia após sofrer estímulos oriundos do treinamento de força, até mesmo para que os benefícios deste tipo de estímulo possam ser maximizados e potencializados.

Existem diversos métodos e sistemas de treinamento de força que levam a hipertrofia. A diferença entre eles está na forma como as variáveis de treino são utilizadas para gerar adaptações. São elas, intensidade, volume, períodos de descanso entre séries e exercícios e ordem dos exercícios [4,5]. Entretanto, existe outro fator importante que vem sendo investigado na promoção da hipertrofia muscular, a escolha do tipo de ação muscular (concêntricas, isométricas e excêntricas) e sua velocidade de execução [6-9].

#### *Ações musculares concêntricas e excêntricas*

Inicialmente proposta por pesquisadores na década de 80, o termo “ação muscular” foi originado devido à crítica ao termo até então utilizado “contração muscular”, por não fazer sentido ao que ocorria de fato na musculatura esquelética, pois contrair resulta em encurtar, encolher, tornar mais curto, ou seja, contração refere-se a uma diminuição de tamanho. Neste sentido, o termo “contração muscular” não seria o mais adequado, pois envolve o aumento e a manutenção do comprimento do músculo, respectivamente [9]. De forma distinta, a palavra “ação” refere-se a fazer algo, mover-se, exercer-se, que neste caso parece representar melhor as diversas variações da atividade muscular.

Existem três tipos de ações: ação isométrica, concêntrica e excêntrica. Quando a força interna produzida pelo músculo se iguala a resistência externa e não há movimentação das partes corporais, temos a ação “isométrica”. Desta forma o músculo gera tensão, mas não há alteração externa visível no comprimento muscular ou no ângulo da articulação envolvida [9]. Um exemplo seria o ato de empurrar uma parede. Existe força exercida, os músculos estão

tensionados, porém sem movimentação visível. Lembrando que este tipo de ação também é conhecido como ação estática. Quando a força interna é maior que a resistência externa, há movimentação do corpo, temos a ação concêntrica. Neste caso, a tensão gera um visível encurtamento no músculo, com uma diminuição no seu comprimento ou no ângulo articular [9].

Exemplo para este tipo de ação se dá pela flexão dos cotovelos com halteres. E quando o músculo gera tensão com visível alongamento do seu comprimento ou aumento do ângulo articular, temos a ação excêntrica. Um exemplo correspondente a este tipo de ação é o movimento de extensão das pernas quando fazemos o exercício de posterior na cadeira em suspensão. Esses dois tipos de ações citadas por último são conhecidas como ações dinâmicas.

#### *Importância das ações excêntricas*

Durante uma ação excêntrica (AE), ou seja, quando um músculo gera tensão e é alongado, a mecânica da ação muscular e os mecanismos de controle de produção de força se diferem dos utilizados nas ações musculares concêntricas e isométricas [11]. Nessa etapa, o músculo tende a gerar tensão com o alongamento do seu comprimento na direção em que a força aplicada pelo músculo é contrária a direção do deslocamento. Essa ação gera maior quantidade de força quando comparada a ações isométricas e concêntricas. Isso significa que se alguém consegue levantar um peso máximo do chão até uma cadeira (AC), essa mesma pessoa conseguirá tirar mais peso da cadeira e colocar no chão (AE) do que o levantado até a cadeira. Isso ocorre porque além de uma contribuição ativa dos elementos de contração, a ação excêntrica conta com uma contribuição passiva dos elementos responsáveis pela geração de tensão [11].

Quando um músculo é alongado contra a resistência, esta mesma gera uma tensão passiva, a qual aumenta enquanto o músculo é alongado durante o exercício, esta tensão junta-se a tensão ativa durante a AE, a qual resulta em uma maior produção de força do que em uma ação concêntrica em que tem apenas uma tensão ativa.

Uma característica interessante das AE refere-se à atividade neuromuscular. Nas AC e AI o sinal eletromiográfico (EMG), que representa a atividade elétrica das unidades motoras dos músculos, apresenta uma relação direta e quase linear com a força produzida. Já nas AE a EMG é menor para os mesmos níveis de força absolutos e relativos, em comparação com outras ações musculares, mostrando que existe uma menor ativação muscular durante a AE, o que afeta o custo energético total de uma tarefa. Por exemplo, subir escadas é uma AC que gera mais cansaço do que descer escadas que tem uma AE [9].

Segundo estudos anteriores, a realização de exercícios de maneira localizada e com ênfase em ações tanto concêntricas como excêntricas, tem sido utilizada com foco para adaptação cardiovascular, indução de dano tecidual e ganho de força [12-14].

Atualmente, a literatura apresenta vantagens do exercício resistido com ações excêntricas em relação ao gasto de ATP, concentrações de lactato e produção de força muscular [12].

De outro lado, durante o exercício resistido concêntrico, observam-se maiores valores de frequência cardíaca (FC) e pressão arterial (PA) devido à maior ativação de unidades motoras, o que resulta em maior estresse cardiovascular quando comparado à ação excêntrica, que produz uma menor ativação motora para produção de força equivalente devido à estimulação de componentes elásticos que estão presentes nas unidades músculo-tendão [15,16].

Sabe-se que um dos fatores que estão relacionados ao dano muscular é o estresse mecânico, o qual é potencializado com movimentos excêntricos. Nesta situação utiliza-se um menor número de unidades motoras comparada a exercícios concêntricos, sendo este uma das causas de um maior dano muscular em fases excêntricas do que em fases concêntricas. Quando relacionados os efeitos do exercício físico com as microlesões teciduais, Armstrong [17] ressalta que a microlesão é o resultado dos efeitos tóxicos de alguns produtos metabólicos espalhados pelas células musculares, o que na maioria dos casos tem sua maior ênfase nas fases excêntricas.

Gois *et al.* [18] compararam o efeito do treinamento resistido para o grupo extensor do joelho realizado com ênfase concêntrica vs excêntrica sobre a força muscular e a recuperação pós-exercício considerando índices de variabilidade de frequência cardíaca (VFC) em jovens saudáveis. Dividiram os homens em 4 grupos: exercício agudo concêntrico, exercício agudo excêntrico, treinamento concêntrico e treinamento excêntrico. Observou-se aumento da força

muscular para o grupo treinamento excêntrico. Como conclusão do estudo, o treinamento resistido realizado com ênfase em contrações excêntricas promoveu ganho de força e aumento da modulação vagal cardíaca durante o processo de recuperação em relação à condição basal.

### Conclusão

No presente trabalho, com base na pesquisa realizada, observou-se que ações musculares excêntricas, quando comparadas a ações musculares concêntricas e isométricas, tendem a gerar uma maior quantidade de força, isso porque o músculo gera uma tensão passiva, a qual aumenta enquanto o músculo é alongado. Essa tensão junta-se à tensão ativa durante a ação excêntrica, resultando em uma maior produção de força.

Além disso, nas ações musculares excêntricas o estresse mecânico que ocorre é maior, desta forma, potencializa-se o trabalho e utiliza-se um menor número de unidades motoras do que comparada a exercícios concêntricos e isométricos, o que resulta em maior dano muscular nas fases excêntricas.

Em conclusão podemos afirmar que o treinamento com ação excêntrica é mais eficaz no treinamento resistido, quando comparado às ações concêntricas e isométricas.

### Referências

1. Karagounis LG, Hawley JA. Skeletal muscle: increasing the size of the locomotor cell. *Int J Biochem Cell Biol* 2010;42(9):1376-9.
2. Capenari M, Pellegrino MA, D'antona G, Bottinelli R. Skeletal muscle fiber diversity and the underlying mechanisms. *Acta Physiol (Oxf)* 2010;199(4):465-76.
3. Paavolainen L, Hakkinen K, Hamalainen I, Nummela A, Rusko H. Explosive strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *J Appl Physiol* 1999;86:1527-33.
4. Baechle TR, Earle RW, Wathen D. Resistance training. In: Baechle TR, Earle RW, eds. *Essentials of strength training and conditioning*. 2nd ed. Champaign: Human Kinetics; 2000. p.395-425.
5. Uchida MC, Aoki MS, Navarro F, Tessutti VD, Bacurau RFP. Efeito de diferentes protocolos de treinamento de força sobre parâmetros morfofuncionais, hormonais e imunológicos. *Rev Bras Med Esporte* 2006;12:21-6.
6. Farthing JP, Chillibeck PD. The effects of concentric and eccentric training at different velocities on muscle hypertrophy. *Euro J Appl Physiol* 2003;89:578-86.
7. Paddon-Jones D, Keech A, Lonergan A, Abernethy P. Differential expression of muscle damage in humans following acute fast and slow velocity eccentric exercise. *J Sci Med Sport* 2005;8:255-63.
8. Shepstone TN, Tang JE, Dallaire S, Schuenke MD, Staron RS, Phillips SM. Short-term high- vs. low-velocity isokinetic lengthening training results in greater hypertrophy of the elbow flexors in young men. *J Appl Physiol* 2005;98:1768-76.
9. Tricoli V. Papel das ações musculares excêntricas nos ganhos de força e de massa muscular. *Rev Biol* 2013;11:38-42.
10. McArdle WD, Katch FL, Katch VL. *Fisiologia do exercício energia, nutrição e desempenho humano*. 7.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2013.
11. Barroso R, Tricoli V, Ugrinowitsch C. Adaptações neurais e morfológicas ao treinamento de força com ações excêntricas. *Rev Bras Ciênc Mov* 2005;13:111-22.
12. Roig M, Shadgan B, Reid WD. Eccentric exercise in patients with chronic health conditions: a systematic review. *Physiother Can* 2008;60:146-60.
13. Cooke WH, Carter JR. Strength training does not affect vagal-cardiac control or cardiovagal baroreflex sensitivity in young healthy subjects. *Eur J Appl Physiol* 2003;93:719-25.
14. Seger JY, Thorstensson A. Effects of eccentric versus concentric training on thigh muscle strength and EMG. *Int J Sports Med* 2005;26:45-52.
15. Okamoto TB, Masuhara M, Ikuta K. Cardiovascular responses induced during high-intensity eccentric and concentric isokinetic muscle contraction in healthy young adults. *Clin Physiol Funct Imaging* 2006;26:39-44.

16. Vallejo AF, Schroeder ET, Zheng L, Jency NE, Sattler FR. Cardiopulmonary responses to eccentric and concentric resistance exercise in older adults. *Age Ageing* 2006 35:291-7.
17. Armstrong RB. Initial events in exercise-induced muscular injury. *Med Sci Sport Exe* 1990;22(4):429-35.
18. Gois MO, Campoy FAZ, Alves T, Ávila RP, Vanderlei LCM, Pastre CM. Influência de exercício resistido com ênfase em contrações específicas (concêntrica vs excêntrica) sobre a força muscular e a modulação autonômica pós-esforço: ensaio clínico randomizado. *Bras J Phys Ther* 2014;18:30-7.