

## Artigo original

# Fortalecimento isotônico concêntrico e excêntrico no músculo supra-espinhal: ensaio clínico randomizado

## *Isotonic concentric and eccentric exercises to strengthen the supraspinatus muscle: randomized clinical trial*

Marlon Francys Vidmar, Ft.\*, Luiz Fernando Bortoluzzi de Oliveira, Ft.\*\*, César Antônio de Quadros Martins, M.Sc.\*\*\*, Marcelo Faria Silva, Ft. D.Sc.\*\*\*\*, Gilnei Lopes Pimentel, M.Sc.\*\*\*\*\*, Carlos Rafael de Almeida, Ft.\*\*\*\*\*

.....

\*Mestrando em Ciências da Reabilitação pela Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre/RS, \*\*Universidade de Passo Fundo/RS, \*\*\*Médico Ortopedista, Instrutor de Residência Médica em Ortopedia e Trauma do Hospital Ortopédico de Passo Fundo/RS, docente do Curso de Medicina e Fisioterapia da Universidade de Passo Fundo/RS, \*\*\*\*Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre/RS, \*\*\*\*\*Docente do Curso de Fisioterapia da Universidade de Passo Fundo/RS, \*\*\*\*\*Mestrando em Envelhecimento Humano pela Universidade de Passo Fundo/RS, Docente do Curso de Fisioterapia da Universidade de Passo Fundo/RS

### Resumo

O músculo supra-espinhal é importante na articulação do ombro, pela estabilização anterior e inferior da articulação glenoumeral. O objetivo foi avaliar a resposta do músculo supra-espinhal ao programa de fortalecimento muscular isotônico concêntrico e excêntrico em indivíduos saudáveis. A amostra foi composta por acadêmicas (n = 20), as quais foram alocadas aleatoriamente em 2 grupos, fortalecimento concêntrico e excêntrico. Foi realizada avaliação dinamométrica computadorizada na velocidade de 30°/s e 60°/s, pré e pós-programa de fortalecimento muscular. O protocolo do programa de fortalecimento foi de 3 séries com 15 repetições cada, 2 vezes por semana durante 6 semanas, sendo a resistência imposta por uma polia e a carga correspondendo a 40% do pico de torque atingido na avaliação prévia. A análise estatística foi realizada através do Teste *t-student* pareado ( $p \leq 0,05$ ). Quando comparado intragrupos o membro superior esquerdo (MSE) com o direito no pré e pós-programa de fortalecimento nas velocidades angulares propostas, não houve diferença significativa. Na relação intragrupos pré e pós-programa de fortalecimento somente verificou-se aumento significativo do pico de torque no MSE a 30°/s ( $p = 0,02^*$ ) no grupo concêntrico. O programa de fortalecimento concêntrico para o músculo supra-espinhal mostrou-se mais efetivo no incremento do pico de torque em indivíduos saudáveis.

**Palavras-chave:** bainha rotadora, terapia por exercício, dinamômetro de força muscular.

### Abstract

The supraspinatus muscle is important to articular shoulder, due to anterior and inferior stabilization of the glenohumeral joint. The aim of this study was to evaluate the response of isotonic concentric and eccentric program exercise to strengthen the supraspinatus muscle in healthy individuals. The sample was composed of female students (n = 20), divided randomly into 2 groups, concentric and eccentric strengthening. Dynamometric method of evaluation was performed at 30°/s and 60°/s, before and after muscular strengthening program. The protocol of strengthening was 3 series with 15 repetitions each, 2 times per week during 6 weeks, the resistance imposed was a pulley and the load corresponding to 40% of a peak of torque obtained in the previous evaluation. Statistical analysis was performed using the paired Test *t-student* ( $p \leq 0.05$ ). When compared intra-groups between left shoulder (LS) and right upper limb before and after strengthening program regarding proposed speeds, there was no significant difference. The relation intra-groups before and after strengthening program showed significant increase in the peak of torque in the LS at 30°/s ( $p = 0.02$ ) in the concentric group. The concentric strengthening program of supraspinatus muscle is more effective to increase peak torque in healthy individuals.

**Key-words:** rotator cuff, exercise therapy, muscle strength dynamometer.

## Introdução

As disfunções do ombro são causas importantes de morbidade e incapacidade. Desses distúrbios, têm-se as desordens do manguito rotador (MR) como as mais comuns, sendo responsável por até 70% dos episódios de dor no ombro [1].

Atualmente, estudos têm atribuído grande importância ao treinamento de força na população em geral e para a reabilitação de pacientes com lesão de MR, sendo esta responsável por 27% dos afastamentos do trabalho, resultando em custos ao sistema previdenciário e, também, problemas sociais, como dificuldade de reinserção no mercado de trabalho [2].

A estabilidade da articulação glenoumeral está diretamente relacionada ao manguito rotador e secundariamente aos ligamentos. O MR contribui para a estabilidade dinâmica desta articulação, rodando e comprimindo a cabeça umeral contra a cavidade glenóide. Os movimentos repetitivos do membro superior acima da cabeça resultam em aumento do estresse nas estruturas da articulação e aumento no potencial de lesão, como a laceração do manguito rotador [3].

O músculo supra-espinal (SE) é um dos quatro músculos que compõem o manguito rotador, sendo o músculo mais utilizado no complexo articular do ombro, pois exerce uma importante função de estabilizador anterior e inferior da articulação glenoumeral, além de auxiliar no movimento de abdução. O déficit de força do SE predispõe a desenvolver lesões ocupacionais.

Sem força adequada do músculo SE, a linha de força quase vertical do músculo deltóide em contração tende a comprimir ou empurrar a cabeça do úmero superiormente contra o arco coracoacromial, impedindo assim a abdução completa. O tendão do músculo SE é especialmente vulnerável à degeneração se associado com um comprometimento relacionado à idade no seu suprimento sanguíneo. Essa condição é frequentemente denominada síndrome do manguito rotador [4].

Diante deste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a resposta muscular do SE ao programa de fortalecimento muscular isotônico concêntrico e excêntrico em indivíduos saudáveis.

## Material e métodos

### Tipo de estudo

O presente estudo caracteriza-se como prospectivo, randomizado, controlado e duplo cego, no qual foi avaliada a efetividade de um programa de fortalecimento muscular isotônico concêntrico e excêntrico no músculo SE em indivíduos saudáveis, recrutados por conveniência em uma universidade do interior do estado do Rio Grande do Sul. Este estudo esteve de acordo com as normas do Comitê de Ética e Pesquisa – UPE, sob registro CEP 046/2008. Não foram feitas alterações ao delineamento metodológico ao longo do estudo.

### Crerios de elegibilidade

Crerios de inclusão foram: indivíduos do sexo feminino, com idade entre 18 e 25 anos, sem alterações musculoesqueléticas nos ombros ao exame clnico e que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, após informao sobre todas as etapas do estudo.

Já os crerios de exclusão eram indivíduos do sexo masculino, com idade <18 e >25 anos, que apresentassem alterações musculoesqueléticas e/ou dor em um dos ombros ao exame clnico.

Em seguida os indivíduos elegíveis foram listados e alocados aleatoriamente em dois grupos por meio de um sorteio (moeda), Grupo I (G-I) – Concêntrico e Grupo II (G-II) – Excêntrico. Os investigadores e os indivíduos foram cegados durante a alocao dos grupos, tendo em vista que a alocao foi realizada por um indivíduo que não estava envolvido no estudo.

### Avaliao dinamométrica computadorizada

Para a avaliao do pico de torque dos músculos abdotores dos ombros pré e pós-programa de fortalecimento muscular, foi utilizado um dinamômetro computadorizado da marca *Biodex™ Multi Joint System 3 Pro*. Antes de cada avaliao, realizou-se a calibracao do dinamômetro computadorizado de acordo com as especificaoes contidas no manual do fabricante [5]. Com o intuito de reduzir o efeito da desaceleraao do membro na repetiao seguinte, o movimento do braço de resistncia no final da amplitude foi ajustado para o menor nível *Hard* durante o procedimento do teste [6].

Em seguida, cada indivíduo foi posicionado através das referências e orientaoes do fabricante do equipamento [5], orientando o dinamômetro a 0° (orientao neutra), com uma inclinaao do mesmo de 10°, com o assento orientado a 75° e inclinaao do encosto entre 70 e 85°. Para uma maior estabilidade e a fim de minimizar movimentos extracorpóreos que possam influenciar na avaliao [7], utilizou-se um par de cintos de ombro, que inicia da parte superior traseira da cadeira, estendendo-se anteriormente ao tronco até a lateral da base do assento, já na parte anterior do tronco utilizou-se um cinto pélvico. O eixo de rotaao do dinamômetro foi alinhado com o eixo da articulao do ombro, como demonstra na Figura 1.

**Foto 1** - Avaliao dinamométrica computadorizada.



A correção da gravidade foi obtida medindo-se o torque exercido pelo braço de resistência e o membro superior do avaliado (relaxado) na posição de abdução intermediária. Através deste dado os valores das variáveis isocinéticas são automaticamente ajustados para gravidade pelo programa *Biodex Advantage Software*.

Posteriormente, cada indivíduo realizou uma familiarização com o aparelho e um aquecimento prévio da musculatura envolvida com movimentos ativos de abdução e adução do ombro, em uma única série de 10 repetições no dinamômetro, na velocidade angular de 240°/s.

Depois, cada participante foi submetido a uma avaliação dinamométrica computadorizada que utilizou o protocolo de avaliação concêntrico/concêntrico bilateral para a musculatura abduutora e adutora dos ombros, nas velocidades angulares de 30 e 60°/s [8], por cinco repetições cada, respectivamente, com intervalo de repouso de 30 segundos [9] e amplitude de movimento de 0 a 30° de abdução do ombro [10]. No momento da avaliação foi solicitado a cada participante força máxima, através de *feedback* visual (por meio do monitor do computador do *Biodex*) e verbal [11]. O avaliador foi cegado durante as avaliações.

### Programa de fortalecimento muscular

A carga inicial para o programa de fortalecimento de abdução concêntrico e excêntrico em uma amplitude de movimento de 30° [10] correspondeu à 40% do pico de torque atingido na avaliação dinamométrica computadorizada prévia. O cálculo para a definição da carga baseou-se na teoria de Halliday *et al.* [12]. O programa de fortalecimento foi realizado 2 vezes por semana durante 6 semanas, totalizando 12 sessões para cada grupo, e após os indivíduos foram reavaliados através da dinamometria computadorizada, descrita anteriormente.

No G-I foi realizado um programa de fortalecimento concêntrico de abdução do ombro. O indivíduo iniciou em posição ortostática, com o membro superior (MS) aduzido 0°, realizando 3 séries com 15 repetições, com repouso de 1 minuto a cada série, sendo que a resistência foi imposta por uma polia colocada distalmente ao antebraço, ilustrado na Figura 2.

**Foto 2** - Posicionamento inicial para o programa de fortalecimento concêntrico.



Já no G-II foi realizado um programa de fortalecimento excêntrico de abdução do ombro. O indivíduo iniciou em posição ortostática, com o MS posicionado em abdução a 30° pelo fisioterapeuta, realizando 3 séries com 15 repetições, com repouso de 1 minuto a cada série, sendo que a resistência foi imposta por uma polia colocada distalmente ao antebraço, como mostra a Figura 3.

**Foto 3** - Posicionamento inicial para o programa de fortalecimento excêntrico.



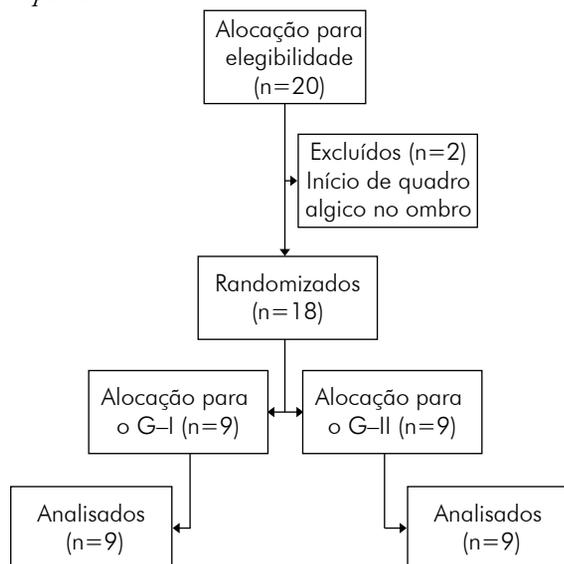
Os indivíduos dos dois grupos foram orientados a não realizar exercícios físicos que envolvessem os músculos dos membros superiores durante o programa de fortalecimento, o que poderia interferir nos resultados encontrados.

### Análise estatística

Os dados obtidos foram transcritos para uma planilha, em seguida a normalidade dos dados foi aferida mediante o uso do teste Shapiro-Wilk. A análise dos dados ocorreu por meio dos recursos de estatística descritiva, média e desvio padrão, e para a comparação pré e pós-programa de fortalecimento intragrupos foi utilizado o teste *t-student* pareado através do programa SPSS 16.0 com nível de significância de  $p \leq 0,05$ .

### Resultados

No presente estudo 20 indivíduos foram avaliados quanto à elegibilidade, no entanto 2 indivíduos foram excluídos por apresentarem início de quadro algíco no ombro e 18 indivíduos foram randomizados. Desses 9 indivíduos foram alocados e analisados no G – I e 9 no G – II. Um fluxograma das inclusões, exclusões e o número final dos participantes são ilustrados na Figura 4.

**Figura 4 - Fluxograma do processo de recrutamento e alocação dos participantes.**

Na Tabela I estão expressos os dados antropométricos (idade, estatura e massa corporal) dos grupos estudados.

**Tabela I - Perfil antropométrico do grupo concêntrico e excêntrico.**

	GE	GC
Idade (anos)	20,89 ± 0,78	20,11 ± 0,60
Estatura (cm)	165,33 ± 3,46	163,22 ± 6,85
Massa corporal (kg)	54,11 ± 4,81	57,22 ± 10,26

Valores expressos em média e desvio padrão GE = grupo excêntrico

GC = grupo concêntrico

A Tabela II apresenta a análise do pico de torque (N/m) intragrupos comparando o membro superior direito com o esquerdo no pré e pós-programa de fortalecimento mus-

**Tabela II - Relação intragrupos do pico de torque (N/m) dos músculos abdutores do ombro no lado direito e esquerdo no pré e pós-programa de fortalecimento.**

	Grupo	Pré			Pós		
		Direito	Esquerdo	p	Direito	Esquerdo	P
30°/s	COM	39,79 ± 11,08	38,36 ± 10,09	0,11	42,08 ± 11,76	42,83 ± 10,98	0,12
	EXC	36,80 ± 6,20	34,36 ± 8,61	0,57	37,72 ± 5,38	32,81 ± 5,51	0,88
60°/s	COM	35,76 ± 10,89	33,63 ± 9,97	0,07	36,42 ± 10,63	39,27 ± 13,19	0,07
	EXC	32,18 ± 5,63	28,79 ± 5,98	0,26	33,30 ± 4,09	29,42 ± 5,88	0,33

Valores expressos em média e desvio padrão; t-student pareado ( $p \leq 0,05$ ); COM = concêntrico e EXC = excêntrico

**Tabela III - Relação intragrupos entre o pico de torque (N/m) dos músculos abdutores do ombro ipsilateral no pré e pós-programa de fortalecimento.**

	Lado	Concêntrico			Excêntrico		
		Pré	Pós	p	Pré	Pós	P
30°/s	D	39,79 ± 11,08	42,08 ± 11,76	0,17	36,80 ± 6,20	37,72 ± 5,38	0,35
	E	38,36 ± 10,09	42,83 ± 10,98	0,02*	34,36 ± 8,61	32,81 ± 5,51	0,94
60°/s	D	35,76 ± 10,89	36,42 ± 10,63	0,33	32,18 ± 5,63	33,30 ± 4,09	0,30
	E	33,63 ± 9,97	39,27 ± 13,19	0,06	28,79 ± 5,98	29,42 ± 5,88	0,20

Valores expressos em média e desvio padrão; t-student pareado ( $p \leq 0,05$ ); D = direito E = esquerdo

cular de abdução do ombro nas velocidades angulares de 30 e 60°/s.

A Tabela III apresenta a análise intragrupos do pico de torque (N/m) referentes à avaliação pré e pós-programa de fortalecimento de abdução do ombro no membro superior direito e no esquerdo, nas velocidades angulares de 30 e 60°/s.

## Discussão

O fortalecimento do manguito rotador, especialmente do músculo supra-espinhal é parte importante na reabilitação de atletas com lesões no ombro, principalmente aqueles que realizam movimentos do membro superior acima da cabeça [13].

Os exercícios concêntricos e excêntricos são utilizados com o propósito de ganho de força, prevenção de lesões e para melhorar o desempenho funcional dos indivíduos. A escolha desses exercícios dentro de um programa de treinamento depende de vários fatores [14]. Quando isso envolve um programa de reabilitação pós-lesão, o objetivo primário é a recuperação e a possibilidade de incremento na força, devolvendo ao músculo as suas propriedades contráteis [15].

Há evidências de que os ganhos de força adaptativos, após um programa de exercícios concêntrico e excêntrico, pareçam similares [16,17]. O estudo realizado por Mont *et al.* [18], com tenistas de elite, verificou incremento no pico de torque de 11% em ambos os treinamentos para rotadores interno e externo do ombro. Porém, no presente estudo verificou-se apenas diferença significativa no aumento do pico de torque após programa de fortalecimento concêntrico.

Estes valores podem estar associados ao fato de que nas etapas iniciais do treinamento (4-6 semanas), os ganhos de força são obtidos preferencialmente através de adaptações neurais. Após esse período inicial, a contribuição das adaptações morfológicas aumenta, enquanto das neurais tende a

diminuir. O ganho de força depende, então, da otimização dessas adaptações durante o treinamento [19].

Robinson & Mackler [20] reportaram atividade eletromiográfica (EMG) mais alta para trabalhos concêntricos de uma dada carga em comparação com exercícios excêntricos, porém foi observado que um número maior de unidades motoras precisa ser recrutado para controlar a mesma carga concêntrica do que excentricamente.

Já outros estudos relatam que quando um músculo se contrai excentricamente é capaz de produzir mais força que um músculo que se contrai concentricamente. [21]. Dados que não observamos em nosso estudo, já que obtivemos maior incremento do pico de torque no grupo de realização exercício concêntrico.

Ambos os tipos de ação muscular são geralmente desempenhados com intensidades similares, no entanto uma carga 40-50% maior pode ser implementada durante o trabalho excêntrico máximo quando comparado ao concêntrico [22,23].

Alguns autores descrevem o dano causado nas miofibrilas decorrentes do exercício excêntrico, resultando em dor muscular tardia, diminuição da força muscular e déficit na amplitude de movimento pós-treinamento [24-30]. Segundo Nogueira *et al.* [31], o nível de lesão aos tecidos moles causados pelo treinamento excêntrico medido através da concentração de substâncias na urina é maior nesta modalidade de treinamento quando comparado ao concêntrico.

Parr *et al.* [32] demonstraram em seu estudo que o exercício excêntrico quando realizado isoladamente ocasionou maiores déficits funcionais quando comparados a protocolos que utilizam a combinação de exercícios excêntricos e concêntricos. Esta combinação de exercícios desencadeia um menor dano as miofibrilas, e conseqüentemente uma menor resposta inflamatória e dor ao tecido muscular.

Symons *et al.* [33] ao realizar treinamento concêntrico e excêntrico dos músculos extensores do joelho durante 12 semanas, com indivíduos idosos, encontraram nos grupos que efetuaram treinamento concêntrico e excêntrico uma considerável elevação do pico de torque excêntrico, sendo que no grupo que realizou somente treinamento concêntrico tal elevação foi maior, indicando a especificidade do treinamento. Achados que estão de acordo com os resultados encontrados no nosso estudo, no qual observamos um aumento no pico de torque dos abdutores do ombro no grupo que foi submetido ao exercício excêntrico, porém no grupo concêntrico o aumento foi maior.

Já outros estudos relatam que o treinamento com a inclusão do exercício concêntrico e excêntrico é mais eficaz para o ganho de força e hipertrofia [34-37]. Sugerindo a realização de novos estudos que implementam um programa de fortalecimento para o músculo supra-espinal através do exercício isotônico concêntrico e excêntrico, e não somente com uma das ações musculares.

O presente estudo apresenta limitações que podem gerar discussão. O período do programa de fortalecimento é menor

que o estimado para a otimização das adaptações neurais e morfológicas de um treinamento que visa o ganho de força muscular. Porém, obtivemos resultados satisfatórios. E mesmo com uma amostra pequena demonstramos dados com um poder de 95%, analisando os efeitos de um programa de fortalecimento muscular isotônico concêntrico intragrupos.

## Conclusão

O programa de fortalecimento concêntrico por seis semanas para o músculo supra-espinal mostrou-se mais efetivo no incremento do pico de torque em indivíduos saudáveis, o que não conseguimos verificar no programa de fortalecimento excêntrico. Os resultados deste estudo destacam a importância de novos estudos para elucidação dos fatores em outras populações.

## Referências

1. Almeida JS, Carvalho Filho G, Pastre CM, Lamari NM, Pastre EC. Afecção do tendão supra-espinal e afastamento laboral. *Ciênc Saúde Coletiva* 2008;13(2):517-22.
2. Americano MJ. Lesões por esforços repetitivos (LER)/ distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho. Instituto Nacional de Prevenção às LER/DORT. [citado 2012 Mar 20]. Disponível em URL: <http://www.2.uol.com.br/prevler/oquee.html>
3. Busso GL. Proposta preventiva para laceração no manguito rotador de nadadores. *Rev Bras Ciênc Mov* 2004;12(3):39-45.
4. Neumann DA. *Cinesiologia do aparelho musculoesquelético: fundamentos para a reabilitação física*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2006.
5. Biodex system 3 pro. Manual - Aplications/Operations 2002. p.32-35
6. Taylor NA, Sanders RH, Howick EI, Stanley SN. Static and dynamic assessment of the biodex dynamometer. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1991;62(3):8-180.
7. Weir JP, Evans SA, Housh ML. The effect of extraneous movements on peak torque and constant joint angle torque-velocity curves. *J Orthop Sports Phys Ther* 1996;23(5):8-302.
8. Dvir Z. Isocinética - avaliações musculares, interpretações e aplicações clínicas. Barueri: Manole; 2002.
9. Bottaro M, Russo A, Oliveira RJ. The effects of rest interval on quadriceps torque during an isokinetic testing protocol in elderly. *J Sports Sci Med* 2005;4:90-285.
10. Behnke RS. *Anatomia do movimento*. Porto Alegre: Artmed; 2004.
11. Vidmar MF, Vianna GR, Scapini PR, Pimentel GL, Bona CC. Efeito do feedback visual e encorajamento verbal na contração isométrica do quadríceps. In: XIV Congresso Brasileiro de Biomecânica, 2011, Ribeirão Preto. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Biomecânica. Ribeirão Preto; 2011. p.147
12. Halliday D, Resnick R, Walker J. *Fundamentos de Física 1 – Mecânica*. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC; 2003.
13. Takeda Y, Kashiwaquchi S, Endo K, Matsuura T, Sasa T. The most effective exercise for strengthening the supraspinatus muscle. *Am J Sports Med* 2002;30(3):374-381.
14. Lustosa LP, Michel DJS, Martelli GS, Janaina IM, Neiva RLS. Benefícios dos exercícios excêntricos e concêntricos

- dentro do programa de fortalecimento muscular. *Fisioter Bras* 2007;8(4):283-7.
15. Coury HJ, Brasileiro JS, Salvini TF, Poletto PR, Carnaz L, Hansson GA. Change in knee kinematics during gait after eccentric isokinetic training for quadriceps in subjects submitted to anterior cruciate ligament reconstruction. *Gait Posture* 2006;24(3):370-4.
  16. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Fisiologia do exercício: energia e nutrição e desempenho humano*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1998.
  17. Bacurau RF, Navarro F, Uchida MC, Rosa LFBPC. *Treino de força, hipertrofia e hiperplasia: fisiologia, nutrição e treinamento do crescimento muscular*. São Paulo: Phorte; 2001.
  18. Mont MA, Cohen DB, Campbell KR, Gravare K, Mathur SK. Isokinetic concentric versus eccentric training of shoulder rotators with functional evaluation of performance enhancement in elite tennis players. *Am J Sports Med* 1994;22(4):513-7.
  19. Moritani T, Vries HA. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am J Phys Med* 1979;58(3):115-30.
  20. Robinson AJ, Mackler L. *Eletrofisiologia clínica*. 2a ed. Porto Alegre: Artmed; 2001.
  21. McGinnis PM. *Biomecânica do esporte e exercício*. Porto Alegre: Artmed; 2002.
  22. Dudley G, Tesch PA, Miller BJ, Buchanan P. Importance of eccentric actions in performance adaptations to resistance training. *Aviat Space Environ Med* 1991;62(6):543-550.
  23. Yarrow JF, Borsa PA, Borst SE, Sitren HS, Stevens BR, White LJ. Neuroendocrine responses to an acute bout of eccentric-enhanced resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2007;39(6):941-47.
  24. Kaminski TW, Wabbersen CV, Murphy RM. Concentric versus enhanced eccentric hamstring strength training clinical implications. *J Athl Train* 1998;33(3):216-21.
  25. Fitzgerald GK, Rothstein JM, Mayhew TP, Lamb RL. Exercise-induced muscle soreness after concentric and eccentric isokinetic contractions. *Phys Ther* 1991;71(7):505-13.
  26. Gleeson N, Eston R, Marginson V, McHugh M. Effects of prior concentric training on eccentric exercise induced muscle damage. *Br J Sports Med* 2003;37(2):119-25.
  27. Chapman D, Newton M, Sacco P, Nosaka K. Greater muscle damage induced by fast versus velocity eccentric exercise. *Im J Sports Med* 2006;27(8):591-8.
  28. Borsa PA, Liggett CL. Flexible magnets are not effective in decreasing pain perception and recovery time after muscle micro-injury. *J Athl Train* 1998;33(2):150-5.
  29. Cheung K, Hume PA, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness. Treatment strategies and performance factors. *Sports Med* 2003;33(2):145-64.
  30. Lieber RL, Fridén J. Morphologic and mechanical basis of delayed-onset muscle soreness. *J Am Acad Orthop Surg* 2002;10(1):67-73.
  31. Nogueira AC, Vale RG, Gomes AL, Dantas EH. The effect of muscle actions on the level of connective tissue damage. *Res Sports Med* 2011;19(4):259-270.
  32. Parr JJ, Yarrow JF, Garbo CM, Borsa PA. Symptomatic and functional responses to concentric-eccentric isokinetic versus eccentric-only isotonic exercise. *J Athl Train* 2009;44(5):462-8.
  33. Symons T, Vandervoort AA, Rice CL, Overend TJ, Marsh GD. Effects of maximal isometric and isokinetic resistance training on strength and functional mobility in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2005;60:777-81.
  34. Colliander EBT. Effects of eccentric and concentric muscle actions in resistance training. *Acta Physiol Scand* 1990;140(1):31-39.
  35. Hather BM, Tesch PA, Buchanan P, Dudley GA. Influence of eccentric actions on skeletal muscle adaptations to resistance training. *Acta Physiol Scand* 1991;143(2):177-85.
  36. Farthing JP, Chilibeck PD. The effects of concentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. *Eur J Appl Physiol* 2003;89(6):578-86.
  37. Higbie EJ, Cureton KJ, Waren GL, Prior BM. Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. *J Appl Physiol* 1996;81:2173-81.
-