

Artigo original

Análise dos parâmetros eletromiográficos do músculo deltoide posterior nos exercícios crucifixo invertido e remada baixa no pulley da articulação glenoumeral

Analysis of electromyographic parameters of posterior deltoid muscle in inverted cross and low pulley row of glenohumeral joint

Frank Shiguemitsu Suzuki*, Bruno Miguel dos Santos**, Roberta Luksevicius Rica**, Alexandre Lopes Evangelista**, Aylton Figueira Junior**, César Augusto Souza Casarin***, Andrey Jorge Serra****, Francisco Luciano Pontes Junior*****, Charles Ricardo Lopes*****, Danilo Sales Bocalini**

.....
 *Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade São Judas (USJT), SP, São Paulo, Departamento de Educação Física, **Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade São Judas (USJT), São Paulo, ***Departamento de Educação Física USJT, ****Programa de Pós-Graduação em Biofotônica da Universidade Nove de Julho (UNINOVE), São Paulo, *****Programa de Pós-graduação em Gerontologia da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP), São Paulo, *****Grupo de Pesquisa em Ciências da Performance Humana, Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP), Piracicaba, Faculdade Adventista de Hortolândia, Hortolândia (UNASP), São Paulo

Resumo

Introdução: O treinamento resistido apresenta diversos movimentos e equipamentos para promover adaptações em diferentes grupos musculares. O músculo deltoide é estimulado por diversas variações de exercícios, porém devemos entender qual exercício potencializa as porções deste músculo. Sendo assim o objetivo do presente estudo foi analisar a atividade mioelétrica da porção espinal do músculo deltoide em contração dinâmica nas fases concêntrica e excêntrica na realização do exercício crucifixo invertido com halteres e a remada sentada no pulley. **Materiais e métodos:** A amostra foi composta por 22 sujeitos do sexo masculino, com idade \geq 18 anos, com experiência em treinamento resistido de no mínimo 1 ano. Os dados foram coletados com aparelho EMG de 8 canais, no músculo deltoide espinal. **Resultados:** Os parâmetros EMG encontrados foram: Remada: 709 ± 189 vs. Crucifixo: 411 ± 152 . Na ativação máxima, Remada: 964 ± 291 vs. Crucifixo: 615 ± 383 . Na ativação mínima, Remada: 577 ± 218 vs. Crucifixo: 279 ± 141 . Na área espectral, Remada: 562 ± 200 vs. Crucifixo: 313 ± 169 . **Conclusão:** Nossos dados indicam que a maior atividade EMG foi encontrada no exercício remada sentada no pulley.

Palavras-chave: treinamento de resistência, eletromiografia, músculo deltoide.

Abstract

Resistance training proposes many movements and equipment to develop any muscle group. The deltoid muscle is stimulated by several variations of exercises, but we should understand which exercise enhances this muscle. Therefore the objective of this study was to analyze the myoelectric activity of spinal deltoid muscle in dynamic concentric and eccentric contraction when performing dumbbell inverted cross and seated row pulley. **Methods:** The sample consisted of 22 male subjects, 18 years old of age or older, with one year of experience in resistance training. Data were collected by 8-channel device for EMG in the deltoid muscle spinal. **Results:** The EMG parameters were: rowing workout: 709 ± 189 vs. Cross: 411 ± 152 . At maximum activation, rowing workout 964 ± 291 vs. cross workout: 615 ± 383 . At minimum activation, rowing workout 577 ± 218 vs. cross workout: 279 ± 141 . In the spectral area, rowing workout: 562 ± 200 vs. cross workout: 313 ± 169 . **Conclusion:** Our data indicated that EMG activity was highest in the seated row exercise in the pulley.

Key-words: resistance training, electromyography, deltoid muscle.

Recebido em 26 de junho de 2014; aceito em 2 de dezembro de 2014.

Endereço para correspondência: Danilo Sales Bocalini, Rua Ary Barroso, 68/105, Torre 1, 09790-240 São Bernardo do Campo SP, E-mail: bocaliniht@hotmail.com

Introdução

O objeto de estudo da educação física é o corpo em movimento. Para tanto, se faz necessário o entendimento deste corpo em movimento sob diversos olhares, como por exemplo, a filosofia, antropologia, sociologia, fisiologia, cinesiologia entre outros [1]. A partir desse entendimento o profissional de educação física poderá compreender este fenômeno conhecido como movimento humano, o qual depende de um aparato de ossos, músculos e articulações para se locomover.

No treinamento resistido (TR), especificamente no método musculação, o profissional de educação física necessita dominar algumas dessas áreas supracitadas para correta prescrição dos exercícios, desta maneira a biomecânica assume um papel de destaque quando nos referimos à análise de movimento. A partir de apreciações do movimento é possível determinar quais grupos musculares estão sendo exercitados em cada equipamento e exercícios livres, porém existem diversas variações de exercícios para os mesmos grupos musculares. A literatura procura entender quais as diferenças entre os exercícios que são preconizados para as mesmas musculaturas, buscando apresentar quais as melhores situações para utilização de cada uma delas [2,3].

Nesta perspectiva a eletromiografia de superfície (EMG) tem sido frequentemente utilizada como ferramenta de diagnóstico capaz de mensurar o potencial elétrico gerado pelo músculo quando o mesmo é recrutado para a execução de um determinado esforço [4].

Quando nos referimos ao movimento articular da região glenoumeral, os músculos como peitoral maior, latíssimo do dorso e deltoide são ativados para a realização do movimento articular, ou seja, quando se treina os grupos musculares: peitoral, dorso e ombro, estes músculos são estimulados a partir da resposta neuromuscular que condiciona movimentos realizados por esta articulação [5]. Anatomicamente o músculo deltoide é dividido em três porções, clavicular (anterior), acromial (média) e espinal (posterior) e para que estas três porções sejam ativadas separadamente se faz necessária à utilização de movimentos distintos em sentidos diferentes, seja por meio de pesos livres ou máquinas. Existe uma variedade de exercícios que possivelmente possam ativar as porções do músculo deltoide, dentre eles, o exercício do crucifixo invertido e a remada sentada no pulley são exemplos de exercícios que ativam as fibras da porção espinal do músculo deltoide anterior [6].

Diante destas informações, surge o questionamento da possível existência de diferentes padrões de ativação muscular das fibras musculares durante a realização destes exercícios. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi analisar a atividade mioelétrica da porção espinal do músculo deltoide em contração dinâmica nas fases concêntrica e excêntrica na realização de exercícios com peso livre (crucifixo invertido) e a remada sentada no *pulley*.

Material e métodos

Amostra

A amostra foi composta por 22 sujeitos fisicamente independentes, com idade ≥ 18 anos, com experiência de pelo menos um ano em treinamento resistido. Todos os sujeitos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, segundo a Resolução nº466/12 do Conselho Nacional da Saúde, aprovado pelo CEUA da Universidade São Judas Tadeu sob o número de protocolo (nº 019281/2014).

Protocolo de exercício

Todos os sujeitos realizaram seis sessões de 1RM com intervalos de 48 horas entre as sessões de conformidade com a publicação anterior do nosso grupo Bocalini *et al.* [12]. Todos os exercícios foram realizados no mesmo dia, com intervalos de repouso de 5 minutos entre cada um. Todos os testes foram realizados com o mesmo examinador. Os participantes foram instruídos a não realizar qualquer outra atividade física durante o período em que o experimento ocorreu. Em cada sessão de teste, bem como em todos os exercícios, uma série de 10 repetições foi realizada com aquecimento para os músculos específicos usando 50 % da carga estimada. Após um descanso de 2-3 minutos, o teste foi iniciado. Quatro tentativas foram oferecidas para alcançar a força voluntária máxima (1RM). Na primeira tentativa, os sujeitos foram instruídos a completar duas repetições. A segunda tentativa foi realizada depois de um intervalo de 5 minutos, com uma carga maior ou menor do que a que foi aplicada na tentativa anterior. Este procedimento foi repetido durante a terceira e quarta tentativa no caso de a carga correspondente a 1RM ainda não ter sido identificada. A carga correspondente a 1RM foi considerada aquela com a qual a pessoa apenas pode completar uma repetição correta. Não mais do que cinco tentativas foram necessárias para alcançar 1RM.

Para a coleta de dados foi estabelecido como exercício inicial à remada sentada e posteriormente o crucifixo invertido. Todos os sujeitos foram orientados sobre as técnicas corretas de execução dos exercícios e a fixação do ritmo de contração dinâmica muscular fixada em, aproximadamente, três segundos controlada por um metrônomo (KORG® - MA30), configurado a 60 batimentos por minuto [7]. O tempo de intervalo padronizado entre cada exercício foi de três minutos para evitar a fadiga muscular.

Estudo eletromiográfico

O protocolo para a captação dos sinais mioelétricos utilizado foi adaptado de acordo com o protocolo de Sá [7]. Foi utilizado um aparelho EMG com oito canais (EMG System do Brasil Ltda), com ganho de amplificação de 1000 vezes e modo comum de rejeição de 120 dB. A aquisição dos dados

foi realizada por meio do software EMGLab V1.2_2010, digitalizados por placa de conversão A/D com 16 bits de resolução e sinais com frequência de 2 kHz.

A atividade mioelétrica foi avaliada com eletrodo bipolar de fixação passiva descartável dupla Ag/AgCl (Meditrace™ 100, eletrodos de superfície, Kendall-LTP, a Covidien, Estados Unidos), com pré-amplificadores com ganho de 20 vezes, de 1 cm de diâmetro para cada área condutora e de 1 cm de espaçamento centro-a-centro. Foram colocados ao longo dos eixos longitudinais da porção espinal do músculo deltoide em 10 milímetros (mm) de distância entre os pontos de captura [8]. A tricotomia foi preparada e a pele limpa com álcool a 70% [9] antes da colocação dos eletrodos. Os eletrodos foram alocados de acordo com as recomendações SENIAM [10,11]. O eletrodo de referência foi colocado no osso clavícula dos voluntários.

Os registros mioelétricos foram realizados com os voluntários realizando os exercícios: crucifixo invertido sentado, com um par de halteres com a quilagem previamente calibrada em balança eletrônica (Filizola Personal Line) e remada sentada no aparelho *pulley* (ZUCCO). Durante o intervalo todos os sujeitos permaneceram com os eletrodos devidamente fixados para evitar qualquer alteração no registro mioelétrico.

O tratamento dos sinais mioelétricos foi realizado com um filtro tipo *Butterworth* passa-banda 20-500 Hz de quarta ordem, e atraso de fase zero, foi utilizado a *Root-Mean Square* (RMS) como unidade de medida da amplitude do sinal, como uma janela móvel de três segundos durante as doze repetições máximas de ambos os exercícios. Os dados EMG foram definidos pelo início e final da fase de contração dinâmica que tivessem maior amplitude de sinal, coletados simultaneamente a partir do comando de voz para início do exercício.

Analise estatística

O teste de D'Agostino-Pearson foi aplicado para análise da distribuição e normalidade. Para efeito das comparações foram utilizados os testes "t" de Student para amostras independentes. Os dados são apresentados sob a forma de médias \pm erro padrão da média. As análises foram realizadas com auxílio dos programas Prism 4.0 (GraphPad Softwares Inc., San Diego, CA, USA) com nível de significância estabelecido para as análises de $p < 0,05$.

Tabela I - Características antropométricas.

	Média \pm DP	Valor min-máx	Intervalo de confiança
Idade (anos)	29 \pm 5	22 - 39	25,60 - 32,23
Estatuta (m)	1,77 \pm 0,04	1,68 - 1,85	1,73 - 1,80
Peso (kg)	79 \pm 4	72 - 85	76,98 - 81,68
IMC (kg/m ²)	25 \pm 1	24 - 28	24,48 - 26,02
% gordura	18 \pm 3	13 - 23	15,86 - 19,97
Peso de gordura (kg)	14 \pm 4	5 - 19	11,70 - 16,30
Massa magra (kg)	65 \pm 5	58 - 75	62,18 - 68,49

Resultados

Na tabela I é possível observar as características antropométricas da amostra.

Os parâmetros eletromiográficos podem ser visualizados na figura 1. Diferenças significativas foram encontradas na ativação muscular (Remada: 709 \pm 189 - Crucifixo: 411 \pm 152; $p < 0,0011$), na ativação máxima (Remada: 964 \pm 291 - Crucifixo: 615 \pm 383; $p < 0,0347$), na ativação mínima (Remada: 577 \pm 218 - Crucifixo: 279 \pm 141; $p < 0,0019$) e na área espectral (Remada: 562 \pm 200 - Crucifixo: 313 \pm 169; $p < 0,0077$). Não foram encontradas diferenças no desvio padrão da ativação muscular (Remada: 98 \pm 50 - Crucifixo: 143 \pm 66; $p = 0,0986$) e na variação do sinal eletromiográfico (Remada: 13061 \pm 10746 - Crucifixo: 22853 \pm 21425; $p = 0,2127$).

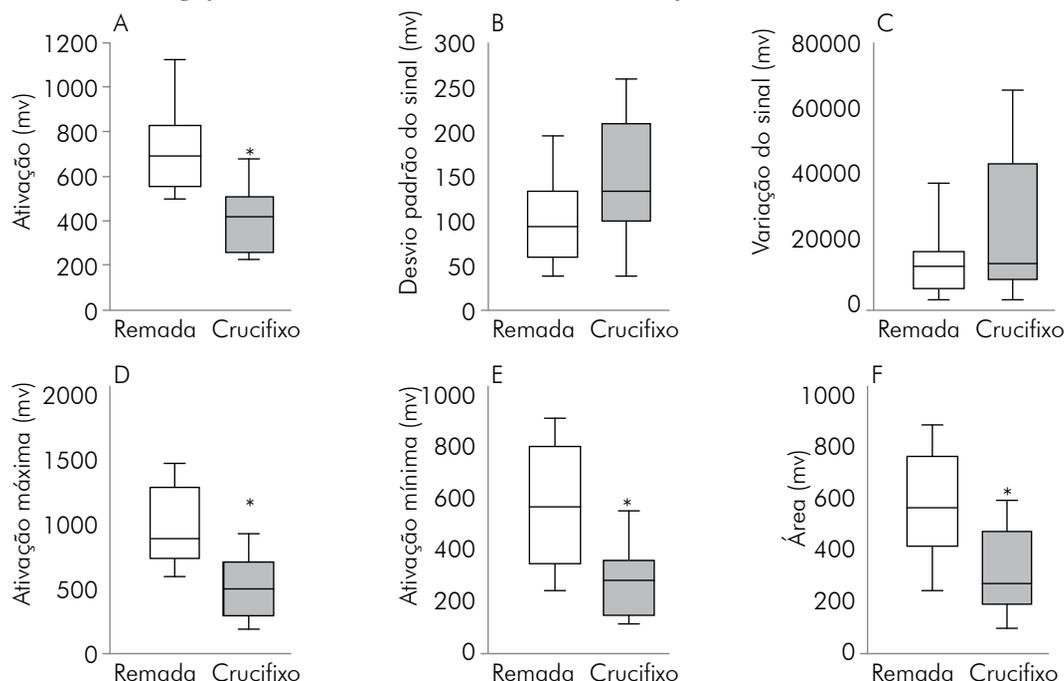
Discussão

O exercício físico age como mecanismo de microlesão tecidual atuando de duas maneiras, basicamente: 1) os danos teciduais são resultados dos efeitos tóxicos de produtos metabólicos dissipados pela célula (stress metabólico) e 2) os danos teciduais são induzidos por efeitos diretos de forças resultantes de contrações excêntricas (stress mecânico) [13].

Treinamento resistido com peso potencializando a fase excêntrica gera maior tensão na musculatura do que o trabalho isométrico ou concêntrico, devido a menor formação de pontes cruzadas causando o aumento de lesões nos sarcômeros [14,15]. Já que as maiores tensões musculares normalmente equivalem aos maiores ganhos de força, o treinamento de forma excêntrica (negativo) apresenta ganhos de força 10-35% maior em relação aos outros métodos utilizados [13-15].

A fase excêntrica da ação muscular tende a proporcionar um índice maior de danos aos sarcômeros, tal como distúrbios nas linhas Z e bandas A além de ruptura do retículo sarcoplasmático [16,17].

O stress metabólico do dano celular acontece devido a uma produção insuficiente de ATP em relação à sua demanda, favorecendo um processo isquêmico e gerando a degradação de estruturas proteicas ocasionando um quadro de prejuízo citoesquelético. O estresse mecânico produzido pelo exercício promove alterações em níveis de substrato, elevação de temperatura celular, produção de radicais superóxido, incapacidade de fornecimento adequado de ATP para o funcionamento das

Figura 1 - Parâmetros eletromiográficos (média ± DP) dos exercícios remada e crucifixo.

* indica diferenças significativas (teste t de Student) quando $p < 0,05$.

bombas iônicas, queda do pH e elevação em concentração de Ca^{+2} citoplasmático [18].

Com esta informação podemos associar a sensação de “desconforto” dos sujeitos ao estresse mecânico exercido durante os testes. Embora os resultados EMG obtidos durante a execução da remada sentada no pulley sejam maiores, o crucifixo invertido possui dois picos na EMG, durante a mesma contração dinâmica, comprovando que o feixe posterior do deltoide sofre um estresse mecânico maior durante a fase excêntrica em relação à remada sentada no pulley.

Em adição, exercícios multiarticulares promovem maior torque devido à sinergia das musculaturas envolvidas, enquanto as monoarticulares exigem maior ativação em um menor número de músculos [19]. Tendo em vista o exposto acima, a remada sentada no pulley deveria recrutar menos unidades motoras durante a execução do teste, já que é um exercício biarticular. Acreditamos que essa ativação apresentada na EMG deve ter ocorrido devido à amplitude de movimento que pode ser realizada quando se executa o movimento da remada sentada no pulley. Com uma amplitude de movimento extensa o músculo deltoide espinhal consegue maior contração e, portanto, consegue gerar maior tensão indo ao encontro aos valores encontrados no EMG. Já no crucifixo invertido, a amplitude do movimento é limitada em virtude das características anatômicas da cintura escapular evitando que o mesmo forneça um grande sinal EMG.

A remada sentada no pulley proporcionou uma ativação EMG maior durante as fases concêntricas e excêntricas da contração muscular, porém o crucifixo invertido mantém a fase excêntrica próxima do pico de ativação por mais tempo.

Assim sendo, indicamos a remada sentada no pulley como exercício de força. O professor poderá periodizar os treinos de seus alunos buscando a quebra de platô para o feixe posterior do deltoide. Acreditamos que o crucifixo invertido, mesmo tendo valores inferiores de ativação EMG, é o exercício mais adequado para contribuir para o estresse mecânico no mesmo feixe muscular.

Conclusão

Com os resultados apresentados pode-se concluir que o músculo avaliado apresentou atividade eletromiográfica significativa em ambos os exercícios praticados, com maior atividade eletromiográfica no exercício remada sentada no pulley durante as fases concêntricas e excêntricas da contração muscular.

Agradecimentos

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio para execução do estudo e da concessão de bolsa dos alunos Frank Shiguemitsu Suzuki e Roberta Luksevicius Rica.

Referencias

1. Zoboli F, Silva RI, Correia ES. O corpo enquanto objeto de estudo da educação física: Breves apontamentos. *Scientia Plena* 2001;9(7):1-10.
2. Merchetti PH, Arruda CC, Segamarchi LF, Soares EG, Ito DT, Luz Junior DA, et al. Exercício Supino: uma breve revi-

- são sobre os aspectos biomecânicos. *Braz J Sports Exerc Res* 2010;1(2):135-42.
3. Merchetti PH, Amorin MA, Arruda CC, Segamarchi LF, Soares EG, Ito DT et al. Aspectos neuromecânicos do exercício pulley. *Rev Bras Ciênc Saúde* 2010;8(26):59-64.
 4. De Luca CJ. The use of electromyography in biomechanics. *J Appl Biomech* 1997;13(2):135-63.
 5. Delavier F. Guia dos movimentos de musculação: abordagem anatômica. 2 ed. São Paulo: Manole; 2000.
 6. Oliveira AS, Rodrigues D, Berzin F. Atividade eletromiográfica das porções anterior, média e posterior do músculo deltoide na abdução do braço. *Rev Bras Fisioter* 2001;5(1):17-24.
 7. Sá KB. Os exercícios de força mais eficientes para o músculo deltoide, pars acromialis. Trabalho apresentado no XII Congresso de Biomecânica, em Estância de São Pedro – SP, 30 de maio a 02 de junho de 2007.
 8. De Luca CJ. Surface electromyography: Detection and recording. Delsys Inc; 2002. p.2-10.
 9. Türker KS. Electromyography: some methodological problems and issues. *Phys Ther* 1993;73(10):698-710.
 10. Hermens H, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol* 2000;10(5):361-74.
 11. Mesin L, Merletti R, Rainoldi A. Surface EMG: the issue of electrode location. *J Electromyogr Kinesiol* 2009;19(5):719-26.
 12. Bocalini DS, Portes LA, Rica RL, Pontes Junior FL, Serra AJ. Insight for learning and stability of one repetition maximum test in subjects with or without experience on resistance training. *Gazzeta Medica Italiana. Archivio Per Le ScienzeMediche* 2013;172: 851-856.
 13. Antunes Neto JMF, Ferreira DCBG, Reis IC, Calci RG, Rivera RJB. Manutenção de microlesões celulares e respostas adaptativas a longo prazo no treinamento de força. *Brazilian Journal of Biomotricity* 2007;1(4):87-102.
 14. Bompa TO, Pasquale MD, Cornacchia LJ. Treinamento de força levado a sério. 2a ed. Barueri: Manole; 2004.
 15. Grego Neto A, Preis CA valorização do treinamento muscular excêntrico na fisioterapia desportiva. *Fisioter Mov* 2005;18(1):19-26.
 16. Foschini D, Preste J, Charro MA. Relação entre o exercício físico, dano muscular e dor muscular de início tardio. *Rev Bras Cineantrop Desempenho Hum* 2007;9(1):101-6.
 17. Clebis NK, Natali MRM. Lesões musculares provocados por exercícios excêntricos. *Rev Bras Ciênc Mov* 2001;9(4):47-53.
 18. Byrd SK, Mccutcheon LJ, Hodgson DR, Gollnick PD. Altered sarcoplasmic reticulum function after high-intensity exercise. *J Appl Physiol* 1989;67(5):2072-7.
 19. Fraccaroli JL. Biomecânica: análise dos movimentos. Rio de Janeiro: Cultura Médica;1981.
-