

Variabilidade dos Valores de Amplitude Eletromiográfica de Músculos do Membro Superior durante Exercícios em Cadeia Cinética Fechada

(Variability of the electromyographic amplitude values of the upper limb muscles during closed kinetic chain exercises)

Rodrigo Cappato de Araújo¹, Rodrigo de Andrade¹, Helga Tatiana Tucci¹, Jaqueline Martins², Débora Bevilaqua Grossi³, Anamaria Siriani de Oliveira³

¹PG – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – FMRP-USP
rodrigocappato@yahoo.com.br; andrade_kinder@yahoo.com.br;
helgatucci@hotmail.com

²G – Curso de Fisioterapia da Universidade de São Paulo
jaquelinemartins_fisio@hotmail.com

³ Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – Univers. de São Paulo FMRP-USP
deborabg@fmrp.usp.br; siriani@fmrp.usp.br

Resumo. O objetivo desse trabalho foi avaliar a variabilidade intradia e interdias dos valores de amplitude eletromiográfica, dos músculos da cintura escapular e membro superior, durante a realização de exercícios em CCF. Vinte adultos realizaram os exercícios push-up, bench-press e wall-press. Os sinais eletromiográficos foram captados por eletrodos de superfície simples diferenciais, realizados em dois testes com intervalo de sete dias. A variabilidade intradia e interdias foi calculada através do coeficiente de variação (CV). Os valores de amplitude apresentaram CV intradia variando entre 1,8% e 12,5%, e interdias variando entre 5,2 e 21,5%. Os resultados sugerem que a variabilidade é maior em registros realizados em diferentes dias. Já os níveis de carga empregados durante os exercícios não influenciaram nos níveis de variabilidade.

Palavras-chave: eletromiografia; variabilidade; cadeia cinética fechada; membro superior.

Abstract. The objective of the present study was to evaluate the intra and interday reliability of surface electromyographic amplitude values of the scapular girdle muscles and upper limbs during the performance isometric CKC exercises. Twenty healthy adults realized the exercises push-up, bench-press and wall-press. The electromyographic signals were recorded with differential electrodes, were assessed twice with 7 days interval. The intra and interday variability were calculated through the coefficient of variation (CV). The results indicated intraday CV range 1,8%-12,5% and interday CV range 5,2%-21,5%.

The results of the present study suggest that the variability is major on interday records. However the load levels utilized during the exercises do not seem to have influenced the variability levels.

Keywords: Electromyography; Variability; Closed Kinetic Chain; Upper Limbs.

1. Introdução

A eletromiografia de superfície tem sido freqüentemente utilizada com o intuito de analisar a função muscular (SODEBERG & KNUSTON, 2000), as desordens de movimento (LUDEWIG & COOK, 2000), as situações de risco e ajustes ergonômicos (AARAST et al., 1996), os exercícios físicos e programas de tratamento (HINTERMEINSTER et al., 1998), a fadiga muscular (ARNALL et al., 2002), as patologias neuromusculares (RAU et al., 1997), além de avaliar mudanças de ativação muscular como resultado de um treinamento muscular (NACIRI et al., 1996). No entanto, apesar da grande aplicabilidade prática, a análise e a interpretação dos sinais eletromiográficos podem ser influenciadas por diversos fatores, que devem ser bem compreendidos (DE LUCA, 1997).

Os fatores que podem influenciar os registros eletromiográficos foram classificados como intrínsecos e extrínsecos. Os fatores extrínsecos referem-se à estrutura do eletrodo como geometria, tamanho e distância inter-eletrodo e fatores relacionados à sua localização quanto ao ponto motor, junção musculotendínea e orientação das fibras musculares. Já os fatores intrínsecos estão relacionados às propriedades fisiológicas anatômicas e bioquímicas do músculo, tais como a freqüência de disparo das unidades motoras, características da membrana muscular, o número de unidades motoras (UM) ativas, o tipo e diâmetro da fibra muscular, o fluxo sanguíneo muscular, a profundidade e a localização das fibras ativas em relação ao eletrodo de detecção e a espessura local da camada subcutânea. Dessa forma, outro importante problema na análise de dados eletromiográficos de superfície é a comparação de sinais de diferentes sujeitos, diferentes músculos e de dados obtidos em diferentes dias. A influência desses fatores faz com que aumente a variabilidade da medida, podendo causar inclusive um impacto negativo do ponto de vista da confiabilidade e da validade dos dados registrados (DE LUCA, 1997).

O conhecimento do grau de variabilidade dos dados da eletromiografia é essencial para auxiliar os pesquisadores a interpretar e a utilizar adequadamente essa ferramenta. Pois somente com o conhecimento desses valores, pode-se então associar as mudanças nos registros eletromiográficos seguidos de um treinamento ao efeito proporcionado por exercícios, e não simplesmente à falta de consistência desses dados ou da metodologia utilizada (ZAKARIA et al., 1996).

Particularmente neste estudo, avaliou-se a variabilidade dos valores de amplitude eletromiográfica de sete músculos do membro superior durante a execução de três exercícios classificados como de cadeia cinética fechada.

2. Material e Método

Voluntários: Participaram desta pesquisa 20 voluntários do sexo masculino, destros, sedentários, com média de idade de $22,8 \pm 3,1$ anos, e sem história de trauma na região da cintura escapular e nos membros superiores. Todos os voluntários assinaram um Termo de Consentimento Formal. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo – USP de acordo com a resolução 196/96.

Tarefas testadas: Cada voluntário realizou três contrações de 6 segundos em diferentes exercícios isométricos sustentados, realizados de forma aleatória, com a extremidade distal do segmento fixa em uma superfície estável com descarga de peso axial. Os exercícios realizados foram o *wall-press* (figura 1), *bench-press* (figura 2) e *push-up* (figura 3).



Figura 1. Wall-press



Figura 2. Bench-press



Figura 3. Push-up

Instrumentação: Os sinais mioelétricos foram captados através de eletrodos de superfície ativos diferenciais (*EMG System do Brasil*[®]). Para aquisição dos registros eletromiográficos foram utilizados sete canais do sistema *Myosystem Br-1* da *Datahominis Tecnologia Ltda*[®]. O canal auxiliar foi utilizado para aquisição simultânea dos valores de força registrados por uma célula de carga. Placa conversora analógica-digital de 12 bits de faixa de resolução dinâmica, com frequência de amostragem por canal de 4 KHz e aplicados filtros digitais de passa baixa de 500Hz e passa alta de 20Hz. Para a visualização e processamento dos sinais, foi utilizado o programa *Myosystem Br-1* versão 2.9 b.

Procedimento experimental: O procedimento completo para cada voluntário foi dividido em três etapas. Na primeira etapa, foi realizada uma avaliação física, e a determinação da carga máxima individual, através do cálculo do valor médio de força captado pela célula de carga desempenhada durante três repetições de um cada dos exercícios estudados. Esse valor serviu como referência para a determinação das porcentagens de 80% e 100% da força máxima captada em cada exercício.

Na segunda etapa, foram registrados os sinais eletromiográficos dos músculos bíceps do braço, tríceps do braço, porção anterior e posterior do músculo deltóide, porção clavicular do músculo peitoral maior, fibras superiores do músculo trapézio e músculo serrátil anterior do membro dominante, durante a realização de 3 contrações isométricas voluntárias máximas (CVIM) em posição de prova de função muscular, a fim de se obter valores de referência para normalização dos valores da integral da envoltória e de RMS. A colocação dos eletrodos foi orientada pela *European Recommendations for Surface Electromyography* do Projeto SENIAM (HERMES et al. 1999). No entanto, a colocação dos eletrodos do músculo serrátil anterior e porção clavicular do músculo peitoral maior foi orientada como descrito no estudo de Hintermeister et al (1998).

Após um período de repouso de 6 minutos seguidos do último teste de CIVM, cada voluntário realizou, de forma aleatória, os três exercícios selecionados para o estudo, que foram repetidos 3 vezes cada um, com intervalos de 2 minutos de repouso entre as contrações para minimizar os efeitos da fadiga muscular. Este procedimento foi realizado a 80% e 100% da força máxima obtida durante a primeira etapa, e a escolha dos valores durante cada exercício também é aleatória, assim como a realização dos exercícios. A terceira etapa aconteceu após sete dias, e todos os procedimentos da segunda etapa foram repetidos, a fim de se obter os dados para a testar a confiabilidade teste-reteste.

Análise de dados: Os valores da amplitude de ativação eletromiográfica, obtidos nos 4 segundos de registro de cada um dos exercícios realizados em base estável, são representados pelo resultado do cálculo da Root Mean Square (RMS).

Análise Estatística: Para avaliar a variabilidade intradia e interdias dos dados obtidos da segunda e terceira fase da pesquisa, foi calculado o Coeficiente de Variação (CV) dos valores normalizados de amplitude eletromiográfica de todos os músculos dos 20 sujeitos. Foram avaliadas a variabilidade das três medidas de amplitude normalizada consecutivas obtidas no primeiro teste (teste) e a confiabilidade das duas médias das medidas de amplitude, uma obtida no teste a outra média obtida no re-teste.

3. Resultados

Os valores de CV intradia são apresentados na tabela 1 e CV interdias na tabela 2. O Coeficiente de variação (CV) revelou valores variando entre 1,8% e 12,5% para as medidas realizadas no mesmo dia (intradia) e valores variando entre 5,2% e 21,5% para as medidas realizadas em diferentes dias (interdias) durante a realização dos 3 exercícios executados a 100% e 80% da carga máxima.

Tabela 1. Valores do coeficiente de variação (CV) referente às três medidas consecutivas dos valores de RMS normalizados obtidas nos registros eletromiográficos.

Músculos	Intra-Dia - Exercícios em Base Estável - Teste					
	WP100	WP80	BP100	BP80	PU100	PU80
DA	4,1%	3,8%	4,0%	4,6%	5,0%	4,8%
PM	12,1%	3,9%	5,0%	9,5%	12,4%	9,8%
BB	6,3%	4,5%	2,0%	2,4%	10,3%	5,7%
TB	5,4%	3,6%	3,8%	5,0%	8,2%	4,0%
TS	5,4%	5,3%	8,4%	3,4%	9,2%	6,8%
SA	3,4%	2,7%	3,8%	12,5%	3,9%	3,4%
DP	6,2%	6,6%	4,8%	6,0%	8,7%	6,5%

CV - Coeficiente de variação; 100 – exercício realizado com 100% da carga máxima; 80 – exercício realizado com 80% da carga máxima; WP – exercício *wall-press*; BP – exercício *bench-press*; PU – exercício *push-up*; DA - porção anterior do deltóide, PM - peitoral maior, BB - porção longa do bíceps do braço, TB - porção longa do tríceps do braço, TS - porção superior do músculo trapézio, SA - serrátil anterior, DP - porção posterior do deltóide

Tabela 2. Valores do coeficiente de variação (CV) referente às médias das três medidas consecutivas dos valores de RMS normalizados obtidas nos registros eletromiográficos dos exercícios, no teste e re-teste.

Músculos	Inter-Dias - Exercícios em Base Estável					
	WP100	WP80	BP100	BP80	PU100	PU80
DA	18,6%	20,6%	10,9%	9,6%	18,6%	17,9%
PM	15,2%	15,0%	12,8%	18,6%	19,3%	18,6%
BB	11,7%	9,6%	6,5%	5,2%	10,0%	5,2%
TB	8,1%	9,8%	5,2%	5,7%	6,0%	5,7%
TS	21,5%	21,4%	9,8%	9,6%	17,7%	9,6%
SA	17,6%	10,8%	11,4%	10,9%	13,3%	10,9%
DP	18,3%	13,1%	10,9%	16,8%	15,0%	16,8%

CV - Coeficiente de variação; 100 – exercício realizado com 100% da carga máxima; 80 – exercício realizado com 80% da carga máxima; WP – exercício *wall-press*; BP – exercício *bench-press*; PU – exercício *push-up*; DA - porção anterior do deltóide, PM - peitoral maior, BB - porção longa do bíceps do braço, TB - porção longa do tríceps do braço, TS - porção superior do músculo trapézio, SA - serrátil anterior, DP - porção posterior do deltóide

4. Discussão

Os valores do CV confirmaram a tendência de menor variação entre os dados intradia (CV 1,8-12,5%), em relação aos dados interdias (CV 5,2-22,5%), para ambas as variáveis analisadas. Brox et al. (1997) analisaram a confiabilidade dos valores da integral do sinal eletromiográfico bruto dos músculos infraespinhoso, supraespinhoso, porções medial do deltóide e superior do trapézio, em contrações isométricas voluntárias máximas (CVIM) de abdução do braço. Foi avaliada também a confiabilidade dos valores de força gerada durante essas contrações. Similar ao presente estudo, foram encontrados valores de CV intradia entre 6 e 15% e CV inter-dias entre 16 e 27% para os valores de integral EMG.

Entretanto, os resultados encontrados no presente estudo discordam dos encontrados por Araújo et al. (2000), que relataram altos níveis de variabilidade dos valores de amplitude eletromiográfica. Esses autores avaliaram através do CV a intravariabilidade e intervariabilidade dos valores de RMS do músculo tibial anterior durante CVIMs. Foram realizados seis registros eletromiográficos de contrações dos músculos tibial anterior das pernas direita e esquerda, divididos em dois procedimentos diferentes. No primeiro, três contrações consecutivas do músculo do membro direito e três do membro esquerdo foram avaliadas (intravariabilidade) e no segundo procedimento, as contrações foram realizadas de forma alternada entre os membros, sendo o eletrodo recolocado várias vezes (intervariabilidade). Os valores de CV variaram entre 8 e 34% para as contrações registradas em seqüência, mantendo o eletrodo no mesmo posicionamento. Já as contrações alternadas, em que o posicionamento do eletrodo foi modificado, os valores de CV apresentaram-se entre 11 e 46%. Nesse estudo, os sujeitos foram instruídos a realizar contrações máximas; no entanto, a força produzida não foi controlada durante as contrações, podendo então ter contribuído para a alta variabilidade observada. Além disso, a presença de um *feedback* ou encorajamento verbal tem sido considerada importante para a melhora da performance durante contrações voluntárias máximas (NG et al., 2003). No entanto, Araújo et al. (2000) não relatam ter usado qualquer estratégia de encorajamento verbal ou *feedback* para reforçar a motivação dos voluntários em realizar esforços máximos.

Diferenças metodológicas observadas nos procedimentos adotados no presente estudo com relação ao estudo de Araújo et al. (2000), assim como o número da amostra (nove sujeitos), podem justificar a divergência dos resultados relativos ao coeficiente de variação dos valores de amplitude eletromiográfica.

5. Conclusão

Por fim, os resultados do presente estudo sugerem que os valores normalizados de amplitude eletromiográfica dos músculos analisados apresentam maior variação em registros realizados em diferentes dias. Já os níveis de carga empregados durante os exercícios não influenciaram nos níveis de variabilidade, talvez por serem cargas muito próximas.

6. Referências

- AARAST, A. A.; VEIEROD, M. B.; LARSEN, S.; ORTENGREN, R.; RO, A. Reproducibility and stability of normalized EMG measurements on musculus trapezius. *Ergonomics*, v. 39 (2), p 171-85, 1996.
- ARAÚJO, R. C.; DUARTE, M.; AMADIO, A. C. On the inter and intra-subject variability of the electromyographic signal in isometric contractions. *Electromyogr Clin Neurophysiol*, v. 40, p. 225-29, 2000.

- ARNALL, F. A.; KOUMANTAKIS, G. A.; OLDHAM, J. A.; COOPER, R. G. Between-days reliability of paraspinal muscle fatigue at 40, 50 and 60% levels of maximal voluntary contractile force. *Clin Rehabil*, v. 16(7), p. 761-71, nov. 2002.
- BROX, J. I.; ROE, C.; SAUGEN, E.; VOLLESTAD, N. K. Isometric abduction muscle activation in patients with rotator tendinosis of the shoulder. *Arch Phys Med Rehabil*, v. 78, p. 1260-1267, 1997.
- DELUCA, C. J. The use of surface electromyography in biomechanics. *J Appl Biomech*, v. 13, p. 135-163, 1997.
- HERMES, H.J.; FRERIKS, B.; DISSLHORST-KLUG, C.; RAU, G. European Recommendations for Surface Electromyography – *Results of the SENIAN Project*, 1999.
- HINTERMEINSTER, R. A.; LANGE, G. W.; SCHULTHEIS, J. M.; BEY, M. J.; HAWKINS, R. J. Electromyographic activity and applied load during shoulder rehabilitation exercises using elastic resistance. *Am J Sports Med*, v. 26(2), p 210-220, 1998.
- LUDEWIG, P. M.; COOK, T. M. Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with symptoms of shoulder impingement. *Phys Ther*, v. 80(3), p. 276-291, 2000.
- NACIRI, M. V.; HOPPELER, H.; KAYSER, B.; LANDONI, L.; CLAASSEN, H.; GAVARDI, C.; CONTI, M.; CERRETELLI, P. Human quadriceps cross-sectional área, torque and neural activation during 6 months strenght training. *Acta Physiol Scand*, v. 157, p. 175-86, 1996.
- NG, J. K. F.; PARNIANPOUR, M.; KIPPERS, V.; RICHARDSON, C. A. Reliability of electromyographic and torque measures during isomteric rotation exertions of the trunk. *Clin Neurophysiol*, v. 114, p. 2355-2361, 2003.
- RAU, G.; DISSELHORST-KLUG, C.; SILNY, J. Noninvasive approach to motor unit characterization: muscle structure, membrane dynamics and neuronal control. *J Biomech*. V. 30(5), p. 441-6, 1997.
- SODEBERG, G. L.; KNUSTON, L. M. A guide for use and interpretation of kinesiological electromyographic data. *Phys Ther*, v. 80 (5), p. 485-98, maio 2000.
- ZAKARIA, D.; KRAMER, J. F.; HARBURN, K. L. Reliability of non-normalized and normalized integrated EMG during maximal isometric contractions in females. *J Electromyogr Kinesiol*, v. 6, p. 129-35, 1996.