

ANÁLISE DA REPRODUTIBILIDADE DO SINAL ELETROMIOGRÁFICO DURANTE AÇÕES ISOMÉTRICAS E DINÂMICAS REALIZADAS EM DIFERENTES MEIOS

C. L. Alberton, E. M. Silva, M. P. Tartaruga, E. L. Cadore, M. E. Becker, M. A. Brentano, L. F. M. Kruel

Laboratório de Pesquisa no Exercício - Escola de Educação Física - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

Resumo: *O objetivo do presente estudo foi analisar a reprodutibilidade do sinal eletromiográfico (EMG) dos músculos vasto lateral (VL) e bíceps femoral (BF) durante ações isométricas e dinâmicas realizadas nos meios aquático e terrestre. Seis mulheres jovens realizaram quatro sessões experimentais. Em cada sessão, o registro do sinal EMG foi obtido para os músculos VL e BF durante a contração voluntária isométrica máxima (CVM) realizada no meio terrestre para flexores e extensores do joelho. Subseqüentemente, o exercício dinâmico (corrida estacionária) foi realizado nos meios aquático (primeira semana) e terrestre (segunda semana) em três diferentes cadências. O intervalo entre cada sessão em ambos os meios foi de 24 a 48 horas. A reprodutibilidade foi determinada através do Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC) para o valor rmsEMG durante a CVM e para o valor rmsEMG normalizado durante o exercício dinâmico. Para o exercício isométrico, altos valores de ICC foram encontrados para ambos os músculos (VL: ICC=0,864; BF: ICC=0,970). Entretanto, para o exercício dinâmico, altos valores de ICC foram encontrados somente no meio aquático na cadência de 100 bpm (VL: ICC=0,980; BF: ICC=0,843). Os resultados sugerem uma excelente reprodutibilidade para a atividade dos músculos VL e BF durante a CVM. Entretanto, aspectos do exercício dinâmico, como o posicionamento dos eletrodos, o controle da amplitude do movimento e a velocidade angular, podem dificultar a reprodutibilidade em outras cadências no meio aquático e em todas as cadências no meio terrestre. Essas dificuldades parecem estar mais relacionadas às características do exercício dinâmico do que ao meio em que esse é realizado.*

Palavras-chave: *eletromiografia, imersão, reprodutibilidade.*

Abstract: *The objective of the present study was to analyse the electromyographic (EMG) signal reliability of the vastus lateralis (VL) and biceps femoris (BF) muscles during isometric and dynamic actions performed in aquatic environment and on land. Six young women performed four experimental sessions. In each session, EMG data was recorded for VL and BF muscles during maximal voluntary isometric contraction (MVC) performed on land for knee extensors and flexors. Subsequently, the dynamic exercise (Stationary running) was performed in aquatic environment (first week) and on land (second week) in three different cadences. The interval between each session in both environments was 24 to 48 hours. Intertester reliability measurements were determined using Intraclass Correlation Coefficients (ICC) for rmsEMG values during MVC and for normalized rmsEMG values during dynamic exercise. For isometric exercise, high ICC values were found for both muscles (VL: ICC=0.864; BF: ICC=0.970). However, for dynamic exercise high ICC values were found only in aquatic environment in cadence of 100 bpm (VL: ICC=0,980; BF: ICC=0,843). The results suggested an excellent reliability for VL and BF muscles activity during MVC. However, some characteristics of dynamic exercise, as electrodes placement, control of the range of motion, and of the angular velocity, can difficult their reliability in the other cadences in water and in all cadences on land. These difficult appears to be more related to the characteristic of the dynamic exercise than with the environment itself.*

Keywords: *electromyography, immersion, reliability.*

INTRODUÇÃO

A reprodutibilidade do sinal eletromiográfico (EMG) vem sendo testada no intuito de verificar a manutenção de características intra e extra-musculares que assegurem a aquisição semelhante do sinal (amplitude e frequência). Essa análise é de fundamental importância em projetos que visam a comparação do sinal EMG obtido em diferentes momentos (KOLLMITZER et al., 1999).

Diversos estudos foram realizados na tentativa de reproduzir o sinal eletromiográfico em meio terrestre durante contrações isométricas e dinâmicas. Alguns fatores como o tempo de intervalo entre as coletas (KOLLMITZER et al., 1999), a intensidade da ação muscular (MORITANI e DeVRIES, 1978; HORTOBÁGYI et al., 1996) e o posicionamento do eletrodo (HAKKINEN et al., 2000) são de fundamental controle para a eficácia das investigações. Em meio aquático, essas análises são mais escassas devido ao fato da utilização da eletromiografia em exercícios na posição vertical nesse ambiente ser mais recente (PÖYHÖNEN et al., 2001a, 2001b; MIYOSHI et al., 2004; MASUMOTO et al., 2005, 2007). O estudo de PÖYHÖNEN et al. (1999) foi o único estudo encontrado que investigou a reprodutibilidade do sinal EMG em contrações isométricas máximas e submáximas dentro e fora da água. Uma alta correlação foi encontrada ($ICC = 0,90-0,97$) para os músculos vasto lateral, vasto medial e bíceps femoral, sugerindo a reprodutibilidade do sinal durante contrações isométricas.

Independentemente do meio de realização do exercício, o tipo de ação muscular executada pode dificultar a reprodutibilidade do sinal EMG (SBRICCOLI et al., 2003). Partindo do pressuposto que respostas de reprodutibilidade em exercícios dinâmicos no meio líquido não foram encontradas na literatura o objetivo do presente estudo foi analisar a reprodutibilidade do sinal eletromiográfico dos músculos vasto lateral (VL) e bíceps femoral (BF) durante ações isométricas e dinâmicas realizadas em diferentes meios, com intervalos de 24 a 48 horas entre as coletas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostra

A amostra foi composta por seis mulheres jovens fisicamente ativas, com idades entre 20 e 25 anos, sem limitações musculoesqueléticas e com experiência prévia em exercícios de hidroginástica. Todas eram estudantes da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e foram convidadas para participarem do estudo. O estudo foi desenvolvido em cinco momentos distintos. No primeiro momento, os indivíduos foram

submetidos a uma avaliação corporal, e nos momentos seguintes, às sessões experimentais. Esses protocolos foram divididos em duas sessões realizadas no meio aquático e duas sessões no meio terrestre. Os dados de caracterização da amostra estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Média e desvio-padrão (DP) das variáveis de caracterização da amostra.

	MÉDIA	DP
Idade (anos)	22,43	±1,62
Massa Corporal (kg)	62,02	±7,13
Estatura (cm)	1,65	± 0,08
Massa Gorda (%)	27,28	±4,06

Avaliação Antropométrica

Os indivíduos foram reunidos no Laboratório de Pesquisa do Exercício da Escola de Educação Física da UFRGS, onde os procedimentos experimentais foram explicados, as dúvidas foram esclarecidas e um termo de consentimento foi assinado, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Subseqüentemente, a massa e a estatura corporal foram mensuradas com uma balança analógica (resolução de 0,1 kg) e um estadiômetro (resolução de 1 mm), respectivamente, ambos da marca Filizola. A densidade corporal foi medida através de um protocolo de dobras cutâneas proposto por JACKSON et al. (1980) (plicômetro Lange, resolução 1 mm). A seguir, a composição corporal foi estimada por meio da fórmula de Siri *apud* HEYWARD e STOLARCZYK (2000).

Preparação dos indivíduos

Para a coleta do sinal EMG foram realizadas a depilação da pele dos indivíduos e a limpeza da pele com abrasão de algodão umedecido em álcool na superfície muscular de interesse. Esse procedimento foi realizado para remoção de células mortas e diminuição da resistência da pele à passagem do sinal. Eletrodos de superfície com configuração bipolar (raio = 15 mm), pré-amplificados, Mini Medi-Trace 100, marca Kendall Medi-Trace, foram posicionados 2 cm abaixo do ponto motor, identificado por um eletroestimulador (EGF 4030, Carci), nos músculos vasto lateral (VL) e bíceps femoral (porção curta) (VL), de acordo com as recomendações de BASMAJIAN e DeLUCA (1985) e RAINOLDI et al. (2004a). A distância entre o centro dos eletrodos foi mantida em 30 mm. O nível de resistência entre os eletrodos foi controlado antes de cada sessão com um multímetro digital (DT-830B, Smart), e mantido abaixo de 3000 Ohms (NARICI et al., 1989). Um eletrodo de referência foi posicionado na face anterior da clavícula. A pele dos indivíduos foi marcada com caneta do tipo "marcador para retroprojeter" a fim de certificar o mesmo posicionamento dos eletrodos

entre os dois dias de coleta em cada meio (HAKKINEN e KOMI, 1983). As marcas eram refeitas ao final de cada coleta.

Os eletrodos de superfície foram isolados para evitar uma possível interferência no sinal pelo contato com a água para as coletas realizadas em meio líquido. Segundo RAINOLDI et al. (2004b) a utilização de adesivos impedindo a entrada e contato da água com os eletrodos é a melhor solução para manter inalteradas a frequência e a amplitude do sinal EMG quando esse é coletado no meio líquido. Assim, sobre os eletrodos foram colocados adesivos oclusivos transparentes (1634W e 1636W, Tegaderm, 3M) e na saída dos cabos foi colocada cola de silicone transparente (Loctite Super Flex) para impedir a entrada e contato da água. Os cabos, assim como os pré-amplificadores foram fixados com fita adesiva (Silver Tape, 3M) para minimizar as interferências no sinal que podem ocorrer devido ao movimento dos mesmos.

Para a aquisição dos dados eletromiográficos foi utilizado um eletromiógrafo Miotool 400 (MIOTEC Equipamentos Biomédicos, Porto Alegre/Brasil), composto por um sistema de 4 canais, com frequência de amostragem de 2000 Hz por canal. Os pré-amplificadores foram isolados com uma resina anti-umidade. Os dados coletados foram transmitidos em conexão a um microcomputador *notebook* (Acer TravelMate 2201LCi, Intel Celeron D 330) via porta USB. O *software* Miograph foi utilizado para essa coleta.

Para o registro da filmagem do exercício dinâmico foi utilizada uma câmera JVC GR-DVL9800 Mini DV Digital Camcorder, de 25 Hz. Para o exercício aquático, a filmadora ficava posicionada fora da água, e a filmagem era realizada através de visores subaquáticos, a 20 cm do fundo da piscina. Esse sistema foi posicionado no plano sagital direito dos sujeitos, independente do meio, a uma distância de 3 m. Para o alinhamento do sinal eletromiográfico e filmagem foi utilizado um sinal luminoso que, quando filmado, indicava o início da coleta eletromiográfica.

Protocolo Isométrico

Contrações voluntárias isométricas máximas (CVM) dos músculos vasto lateral (VL) e porção curta do bíceps femoral (BF) foram realizadas contra resistência manual. Para tanto, os indivíduos foram posicionados sentados em uma cadeira com o quadril em flexão de 90° e o joelho em flexão de 110° (extensão completa = 180°), medidos com um goniômetro (Carci). Cada CVM foi mantida por um período de 5 s (DeLUCA, 1997).

As CVM's foram utilizadas para verificar a reprodutibilidade do sinal EMG, em um protocolo isométrico com intervalos de 24 a 48 horas. As CVM's também foram utilizadas para a normalização da amplitude do sinal EMG dos exercícios dinâmicos. Além disso, no intuito de garantir a eficiência

metodológica empregada, a CVM pré-exercício dinâmico foi comparada à CVM pós-exercício dinâmico, a fim de verificar a presença de fadiga neuromuscular provocada pelo protocolo dinâmico e a possível interferência do meio líquido no sinal EMG.

Protocolo Dinâmico

O protocolo dinâmico foi realizado em dois momentos distintos, primeiramente no meio aquático e posteriormente no meio terrestre. Independente do meio, o protocolo foi composto pela execução do exercício corrida estacionária em três diferentes cadências (60, 80 e 100bpm), controladas por um metrônomo (MA-30, Korg). O exercício de corrida estacionária caracteriza-se por uma fase ascendente com movimento de flexão do quadril e do joelho até 90° e outra fase descendente com movimento de extensão do quadril e do joelho até a posição inicial. Esse exercício é executado com ambas as pernas em seqüência alternada. O exercício foi realizado durante 4 min para cada cadência, com um intervalo de 5 min entre elas. Durante o exercício, a aquisição dos dados eletromiográficos foi realizada a partir do 3° min de cada estágio. A partir da filmagem do mesmo, foi determinado o início e o final da atividade muscular de cada repetição. Esse protocolo foi executado com um intervalo de 24 a 48 horas entre a primeira e a segunda sessão.

Na primeira semana, o protocolo foi realizado no meio aquático no Centro Natatório da Escola de Educação Física da UFRGS. O exercício foi realizado em uma piscina com dimensões de 25 m X 16 m X 2 m. A profundidade de imersão dos indivíduos foi mantida entre o processo xifóide e os ombros, com a utilização de redutores de profundidade. A temperatura da água foi mantida entre 29 e 31°C. Na semana seguinte, o protocolo no meio terrestre foi realizado no setor de Biomecânica no Laboratório de Pesquisa do Exercício da UFRGS.

Análise dos dados

O sinal EMG coletado foi exportado para posterior análise no *software* SAD32. Foi realizada a filtragem digital do sinal utilizando-se filtros do tipo Passa-banda Butterworth, de 5ª ordem, com frequências de corte entre 25 e 500 Hz (DeLUCA, 1997).

As curvas do sinal correspondente as CVM's (tempo de 5 s), foram recortadas entre os tempos 2 e 4 s, para a obtenção do valor *root mean square* (rms). Para a análise dos sinais coletados durante os exercícios dinâmicos, também foram realizados os recortes de cada repetição (fase ascendente mais descendente do movimento) de cada indivíduo em cada situação, para as primeiras oito repetições do sinal adquirido (a partir do 3° min de exercício). Os recortes das curvas foram baseados nos tempos estabelecidos pela filmagem, e a partir deles, foram

calculados os seus respectivos valores rms. Foi realizada a média das quatro repetições centrais (sendo descartadas as duas primeiras e as duas últimas). Esses valores foram normalizados pela CVM e expressos em percentual da CVM (% CVM), para a posterior análise estatística.

O vídeo gravado foi descarregado em um microcomputador no *software* Adobe Premiére. Esses dados foram posteriormente analisados no *software* DVIDEOOW para a determinação do início e final dos recortes eletromiográficos do exercício dinâmico e para o controle da amplitude de movimento.

Análise Estatística

Para verificar a normalidade dos dados foi realizado o teste de Shapiro-Wilk. A partir desses resultados, testes paramétricos e não paramétricos foram utilizados para análise estatística com índice de significância de $p < 0,05$.

Para a comparação do valor rms do sinal EMG da CVM dos músculos vasto lateral e bíceps femoral entre os momentos pré e pós-exercício dinâmico foi utilizado o teste T pareado. A fim de verificar a reprodutibilidade dos dados isométricos e dinâmicos em ambos os meios utilizou-se o Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC). Toda a análise estatística foi realizada no pacote SPSS versão 11.0.

RESULTADOS

Os resultados referentes à correlação dos valores rms das CVM's isométricas dos músculos VL e BF na situação pré-exercício dinâmico no meio aquático entre os dois dias de coleta são apresentados na Tabela 2.

Os resultados referentes à comparação do valor rmsEMG das CVM's isométricas dos músculos VL e BF entre as situações pré e pós-exercício dinâmico são apresentados na Tabela 3.

Em relação à análise de reprodutibilidade do sinal EMG, as respostas do ICC no exercício dinâmico realizado em ambos os meios serão apresentados na Tabela 4.

Tabela 2 – Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC) dos valores rmsEMG dos músculos Vasto Lateral (VL) e Bíceps Femoral (BF) durante as contrações voluntárias isométricas máximas (CVM) entre os dias de coleta.

CVM		
	ICC	Sig.
VL	0,864	0,006*
BF	0,970	0,003*

Tabela 3 – Médias e desvios-padrão (DP) do valor rmsEMG dos músculos Vasto Lateral (VL) e Bíceps Femoral (BF) durante as contrações voluntárias isométricas máximas (CVM) entre os momentos pré e pós-exercício dinâmico em ambos os meios.

rmsEMG (mV)				
		Pré	Pós	Sig.
VL	Água	0,480 ± 0,282	0,446 ± 0,261	0,520
	Terra	0,389 ± 0,173	0,335 ± 0,154	0,335
BF	Água	1,025 ± 0,391	0,948 ± 0,411	0,107
	Terra	0,778 ± 0,148	0,831 ± 0,293	0,718

Tabela 4 – Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC) dos percentuais da contração voluntária máxima (% CVM) dos músculos Vasto Lateral (VL) e Bíceps Femoral (BF) durante contrações dinâmicas entre os dias de coleta realizadas em ambos os meios.

% CVM				
		Cadência	ICC	Sig.
ÁGUA	VL	60 bpm	0,875	0,062
		80 bpm	0,532	0,178
		100 bpm	0,980	0,010*
	BF	60 bpm	-0,913	0,985
		80 bpm	-0,354	0,721
		100 bpm	0,843	0,036*
TERRA	VL	60 bpm	-0,030	0,525
		80 bpm	-0,129	0,596
		100 bpm	0,151	0,373
	BF	60 bpm	0,564	0,093
		80 bpm	0,565	0,121
		100 bpm	-0,260	0,713

DISCUSSÃO

Nossos resultados sugerem a possibilidade de reproduzir o sinal EMG dos músculos VL e BF em contrações isométricas com grande fidedignidade em pequenos intervalos de tempo (24 a 48 horas). Esses achados corroboram com estudos anteriores de proposta similar (MORITANI e DeVRIES, 1978; HORTOBÁGYI et al., 1996; KOLLMITZER et al., 1999). Entretanto, para as contrações dinâmicas a reprodutibilidade foi encontrada somente para uma das cadências testadas em meio aquático.

Nenhuma diferença foi encontrada na atividade muscular entre as CVM's pré e pós-exercício dinâmico, em ambos os meios. Esses achados sugerem que o protocolo realizado não provocou alteração no sinal EMG, o que poderia ser verificado em caso de mudança no estado fisiológico dos músculos analisados. Além disso, esses resultados justificam a eficácia do sistema de isolamento, uma vez que, não foram encontradas diferenças significativas no sinal EMG nos momentos pré e pós-exercício aquático (RAINOLDI et al., 2004b; VENEZIANO et al., 2006). Sugere-se que a metodologia utilizada nesse experimento é adequada, possibilitando grande acurácia na aquisição dos dados (DeLUCA, 1997; RAINOLDI et al., 2004b).

Em relação ao exercício isométrico, dados reportados da reprodutibilidade do sinal EMG são controversos quando grandes intervalos entre teste e re-teste têm sido acessados (THORSTENSSON et al., 1977). Embora as evidências de que o sinal EMG possa ser reprodutível em diferentes aquisições, em um estudo recente, KOLMITZER et al. (1999) verificaram que diferentes intervalos de tempo entre as aquisições poderiam influenciar a reprodutibilidade do sinal do músculo reto femoral. Quando o intervalo de tempo entre as coletas foi de apenas 3 minutos, a correlação apresentada foi muito alta ($r = 0,999$). Após 90 minutos de intervalo, a correlação permaneceu elevada ($r = 0,945$). Entretanto, quando o intervalo entre as coletas foi de 6 semanas, embora a correlação tenha permanecido elevada ($r = 0,871$) ela foi significativamente menor quando comparada as correlações anteriores. Assim, sugere-se cautela ao analisar a amplitude do sinal EMG em aquisições realizadas com muito intervalo de tempo. Nessa ocasião, alguns cuidados devem ser tomados, principalmente em relação ao posicionamento dos eletrodos (DeLUCA, 1997).

No que se refere a exercícios dinâmicos, diversos estudos foram realizados com a análise da ativação muscular em meio líquido (PÖYHÖNEN, et al., 2001a, 2001b; MIYOSHI et al., 2004; MASUMOTO et al., 2005, 2007) e meio terrestre (RABITA et al., 2000; FERREIRA et al., 2003; FLANAGAN et al., 2003), porém tais pesquisas não testaram a reprodutibilidade da amplitude do sinal EMG. No presente estudo, a reprodutibilidade dos músculos VL e BF foi avaliada em exercícios dinâmicos nos diferentes meios. Para o exercício de corrida estacionária, foram encontradas correlações altas e significativas somente para a cadência de 100 bpm no meio aquático, em ambos os músculos.

Isso pode ser explicado por essa cadência assemelhar-se àquela utilizada comumente na corrida estacionária em aulas de hidroginástica com intensidade moderada para mulheres jovens (ALBERTON et al., 2005). Esse fato pode ter facilitado a coordenação intra e inter-muscular desses indivíduos nessa cadência. Entretanto, nas cadências de 60 e 80 bpm no meio aquático e para todas as cadências no meio terrestre, a reprodutibilidade não

foi verificada. Isto se deve provavelmente a aspectos tais como o controle da amplitude de movimento, da técnica de execução, da velocidade angular e da manutenção da força muscular, que embora não sejam características do exercício dinâmico podem dificultar a reprodutibilidade. Isto pode ser confirmado por estudos que verificaram a reprodutibilidade do sinal EMG em exercícios dinâmicos isocinéticos (GOLHOFER et al., 1990; FINUCANE et al., 1998). Ainda, durante o exercício dinâmico, como ocorre um deslizamento das fibras ativas sob o posicionamento do eletrodo, pode ocorrer o registro da atividade elétrica de uma nova porção de unidades motoras próximas ao longo da amplitude de movimento, dificultando a reprodutibilidade do sinal (DeLUCA, 1997). Dessa forma, com a técnica atual, onde o eletrodo é fixado na superfície da pele, a estabilidade do sinal é mais facilmente mantida durante ação isométrica.

CONCLUSÃO

Em suma, a metodologia utilizada no presente estudo possibilitou a reprodutibilidade do sinal EMG dos músculos vasto lateral e bíceps femoral durante ações isométricas em pequenos intervalos de tempo, sugerindo que comparações entre dias distintos podem ser realizadas. O mesmo não foi encontrado para o exercício de corrida estacionária, provavelmente pelas características do exercício dinâmico. Logo, parece que a resposta da reprodutibilidade do sinal EMG está muito mais associada ao tipo de exercício executado, dinâmico ou isométrico, do que ao meio onde esse é realizado, água ou terra.

REFERÊNCIAS

1. Alberton C, Coertjens M, Figueiredo P, Krue L. Behavior of oxygen uptake in water exercises performed at different cadences in and out of water. *Med Sci Sports Exerc*, 2005; 37(5): S103.
2. Basmajian JV, DeLuca CJ. *Muscles Alive: their functions revealed by electromyography*. Baltimore; Williams & Wilkins; 1985.
3. DeLuca CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. *J. Appl. Biomechanics*, 1997; 13: 135-163.
4. Ferreira M, Büll M, Vitti M. The comparison of the response in the deltoid muscle (anterior portion) and the pectoralis major muscle (clavicular portion) determined by the frontal lateral cross, dumbbells and rowing exercises. *Electromyogr Clin Neurophysiol*, 2003; 43: 75-79.

5. Finucane S, Rafeei T, Kues J, Lamb R, Mayhew T. Reproducibility of electromyographic recordings of submaximal concentric and eccentric muscle contractions in humans. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 1998; 109: 290-296.
6. Flanagan S, Salem GJ, Wang M., Sanker S, Greendale G. Squatting exercises in older adults: kinematic and kinetic comparisons. *Med Sci Sports Exerc*, 2003; 35(4): 635-643.
7. Gollhofer A, Horstmann GA, Schmidtbleicher D, Schönthal D. Reproducibility of electromyographic patterns in stretch-shortening type contractions. *Eur J Appl Physiol*, 1990; 60:7-14.
8. Hakkinen K, Alen M, Kallinen M, Newton RU, Kraemer WJ. Neuromuscular adaptation during prolonged strength training, detraining and re-strength-training in middle-aged and elderly people. *Eur J Appl Physiol*, 2000; 83:51-62.
9. Hakkinen K, Komi PV. Electromyographic changes during strength training and detraining. *Med Sci Sports Exerc*, 1983; 15(6):455-460.
10. Heyward VH, Stolarczyk LM. Avaliação da composição corporal aplicada. São Paulo; Manole; 2000.
11. Hortobágyi T, Hill J, Houmard J, Fraser D, Lambert N, Israel R. Adaptative responses to muscle lengthening and shortening in humans. *J Appl Physiol*, 1996; 80(3):765-772.
12. Jackson AS, Pollock ML, Ward A. Generalized equations for predicting body density of women. *Med Sci Sports Exerc*, 1980; 12:175-182.
13. Kollmitzer J, Ebenbichler G, Kopf A. Reliability of surface electromyographic measurements. *Clin Neurophysiol*, 1999; 110:725-734.
14. Masumoto K, Takasugi S, Hotta N, Fujishima K, Iwamoto Y. A Muscle activity and heart rate response during backward walking in water and on dry land. *Eur J Appl Physiol*, 2005; 94:54-61.
15. Masumoto K, Takasugi S, Hotta N, Fujishima K, Iwamoto Y. A comparison of muscle activity and heart rate response during backward and forward walking on an underwater treadmill. *Gait and Posture*, 2007; 25:222-228.
16. Miyoshi T, Shirota T, Yamamoto S, Nakazawa K, Akai M. Effect of the walking speed to the lower limb joint angular displacements, joint moments and ground reaction forces during walking in water. *Disabil and Rehabil*, 2004; 26(12):724-32.
17. Moritani T, Devries H. Reexamination of the relationship between the surface integrated electromyogram (IEMG) and force of isometric contraction. *Am J Phys Med Rehabil*, 1978; 57(6):263-277.
18. Narici MV, Roi GS, Landoni L, Minetti AE, Cerretelli P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur J Appl Physiol*, 1989; 59:310-319.
19. Pöyhönen T, Keskinen KL, Hautala A, Savolainen J, Mälkiä E. Human isometric force production and electromyogram activity of knee extensor muscles in water and on dry land. *Eur J Appl Physiol*, 1999; 80:52-56.
20. Pöyhönen T, Kyrolainen H, Keskinen KL, Hautala A, Savolainen J, Mälkiä E. Neuromuscular function during therapeutic knee exercise under water and on dry land. *Arch Phys Med Rehabil*, 2001a; 82:1446-1452.
21. Pöyhönen T, Kyrolainen H, Keskinen KL, Hautala A, Savolainen J, Mälkiä E. Electromyographic and kinematic analysis of therapeutic knee exercises under water. *Clin Biomechanics*, 2001b; 16:496-504.
22. Rabita G, Pérot C, Linsel-corbeil G. Differential effect of knee extension isometric training on the different muscles of the quadriceps femoris in humans. *Eur J Appl Physiol*, 2000; 83:531-538.
23. Rainoldi A, Melchiorri G, Caruso I. A method for positioning electrodes during surface EMG recordings in lower limb muscles. *J Neurosci Methods*, 2004a; 134:37-43.
24. Rainoldi A, Cescon C, Bottin A, Casale R, Caruso I. Surface EMG alterations induced by underwater recording. *J Electromyogr Kinesiol*, 2004b; 14:325-31.
25. Sbriccoli P, Bazzucchi I, Rosponi A, Bernardi M, Devito G, Felici F. Amplitude and spectral characteristics of biceps brachii semg depend upon speed of isometric force generation. *J Electromyogr Kinesiol*, 2003; 13:139-147.
26. Thorstensson A, Larsson L, Tesch P, Karlsson J. Muscle strength and fiber composition in athletes and sedentary men. *Med Sci Sports Exerc*, 1977; 9:26-30.
27. Veneziano et al. Confounding factors in water EMG recordings: an approach to a definitive standard. *Medical Biol Engineer Comput*, 2006; 44:348-351.

Endereço para correspondência:

Cristine Lima Alberton
Laboratório de Pesquisa do Exercício
Escola de Educação Física – Universidade Federal do
Rio Grande do Sul
Rua Felizardo, 750 – Bairro Jardim Botânico
CEP 90690-200 – Porto Alegre, RS – Brasil.
email: tinialberton@yahoo.com.br