

## UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES TÉCNICAS PARA O CONTROLE DO POSICIONAMENTO DOS ELETRODOS DE SUPERFÍCIE NA COLETA DO SINAL ELETROMIOGRÁFICO

USE OF DIFFERENT CONTROL TECHNIQUES FOR PLACEMENT OF ELECTRODES IN THE COLLECTION OF THE SURFACE EMG SIGNAL

Cleiton Silva Correa<sup>1</sup>  
Ricardo Costa<sup>1</sup>  
Ronei Silveira Pinto<sup>1</sup>

### RESUMO

A eletromiografia (EMG) de superfície é largamente utilizada nas áreas da saúde para diversos fins, como verificar o comportamento neuromuscular em algumas doenças ou lesões que afetam esse sistema; efeito do desuso no nível de ativação muscular; e também os efeitos e especificidades do exercício/treinamento físico na função neuromuscular. O rigor metodológico empregado para coleta de sinal EMG é fundamental para promover coletas com fidedignidade e diferentes métodos de posicionamento de eletrodos de superfície são utilizadas para este fim, como a técnica de mapas. A metodologia embasou-se em pesquisa bibliográfica, utilizando artigos atuais e clássicos da literatura sobre eletromiografia e a utilização de mapas, caneta retroprojetora e outras técnicas para assegurar o posicionamento dos eletrodos de superfície em diferentes momentos de coleta do sinal EMG (publicados a partir de 2000) selecionados nas bases de dados *Pubmed* e *Sportdiscus*. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi comparar as técnicas de controle do posicionamento dos eletrodos de superfície na coleta do sinal eletromiográfico e também avaliar a efetividade da utilização de mapas para assegurar o posicionamento de eletrodos em diferentes dias de coleta. Como resultados os artigos consultados apresentaram que a utilização de caneta retroprojetora apresenta boa reprodutibilidade em períodos curtos e não longos de coleta do sinal EMG. A técnica de mapas ainda necessita ser avaliada a sua reprodutibilidade. Porém, utiliza maior número de pontos de referência para o posicionamento de eletrodos do que somente a marcação com tatuagens sobre a pele. Dessa forma, a técnica de utilização de mapas de posicionamento parece ser mais efetiva que somente utilização de tatuagens sobre a pele com caneta retroprojetora para assegurar o posicionamento de eletrodos de superfície nas diferentes coletas do sinal eletromiográfico.

**Palavras-chave:** Eletromiografia, Eletrodos, Mapas de Posicionamento de Eletrodos.

### ABSTRACT

Electromyography (EMG) surface is widely used in health for various purposes, such as checking the behavior in some neuromuscular diseases or injuries that affect this system, the effect of disuse muscle activation level, and also the effects and specificity of exercise/physical training in neuromuscular function. The rigorous methodology used to collect the EMG signal is essential to promote trust and collections with different methods of positioning of surface electrodes are used for this purpose, as the technique of maps. The methods were based on literature

---

<sup>1</sup> Laboratório de Pesquisa do Exercício, Escola de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil

research, using articles from current and classic literature on electromyography and the use of pen and overhead maps to ensure the placement of surface electrodes at different times of the EMG signal collection (published since 2000) in selected databases Pubmed and SPORTDiscus. Therefore, the purpose of this study was to compare the techniques for controlling the positioning of surface electrodes to collect the electromyography signal and also to evaluate the effectiveness of the use of maps to ensure the placement of electrodes on different days of collection. As a result the articles consulted showed that the use of overhead projector pen shows good reproducibility in a short time and not long to collect the EMG signal. The technique maps still need to be evaluated its reproducibility. However, using more reference points for positioning of electrodes than just marking with tattoos on the skin. Thus, the technique of using positioning maps seems to be more effective than using only tattoos on the skin with a pen overhead to ensure the positioning of surface electrodes in the different collections of the electromyography signal.

**Keywords:** Electromyography, Electrodes, Electrode placement maps.

## INTRODUÇÃO

A eletromiografia (EMG) é a representação gráfica da atividade elétrica do músculo <sup>1-3</sup>, largamente utilizada nas áreas da saúde para diversos fins (principalmente por ser um método não invasivo), como verificar o comportamento neuromuscular em algumas doenças ou lesões que afetam esse sistema <sup>4, 5</sup>; efeito do desuso no nível de ativação muscular <sup>6-8</sup>; e também os efeitos e especificidades do exercício/treinamento físico na função neuromuscular <sup>9, 10</sup>.

Muitos fatores influenciam na coleta do sinal EMG. Não obstante, estudos metodológicos apontam para melhores estratégias para colher um sinal com menor interferência. Em síntese, os fatores que podem influenciar no sinal EMG se dividem em dois grandes grupos: extrínsecos – que podem ser modificados; intrínsecos – que não podem ser modificados. Na categoria dos extrínsecos encontram-se questões metodológicas importantes: o modelo dos eletrodos, a posição dos eletrodos, a orientação dos mesmos, o ponto motor, a pele <sup>11-13</sup>. Já na influência intrínseca, como a EMG capta o somatório dos potenciais de ação muscular (e muitas vezes de seus sinergistas também), as características das Unidades Motoras (percentual de Unidades Motoras do tipo I, IIa, e IIx) bem como dos tecidos dos sujeitos avaliados (gordura corporal, temperatura corporal, fluxo sanguíneo muscular) influenciam de maneira importante na coleta do sinal eletromiográfico <sup>14</sup>.

Portanto, o rigor metodológico empregado para coleta de sinal EMG é fundamental para promover coletas com fidedignidade (i.e. que apresentem dados confiáveis). Kollmitzer *et al.* <sup>15</sup> investigaram a reprodutibilidade do sinal EMG no músculo quadríceps em intervalos pequenos (3 min) ( $r= 0,99$ ), médios (60 min) ( $r= 0,94$ ) e longos (6 semanas) ( $r= 0,87$ ) em testes de contração isométrica voluntária máxima e também a 50%. Os resultados apresentaram fortes correlação, principalmente em intervalos curtos. No que tange à qualidade de aquisição da EMG, os três músculos superficiais anteriores da coxa – reto da coxa, vasto medial e vasto lateral – foram investigados em alguns estudos <sup>10, 13, 15-17</sup>. Esse fato parece ser, dentre outras questões, decorrente de serem músculos de boa para excelente qualidade de sinal. Ainda em relação à musculatura da coxa, o ângulo de 120° de extensão parece ser o de maior favorecimento para produção de força e o ângulo de maior sinal EMG <sup>18</sup>.

Uma possível limitação da investigação de Kollmitzer *et al.*<sup>15</sup> deve-se à recolocação dos eletrodos de superfície nos testes após 6 semanas. Os referidos autores utilizaram marcações com canetas inapagáveis (canetas para retroprojektor). Na mesma linha de investigação, Narici *et al.*<sup>19</sup> analisaram as variações influenciadas pelo treino de força após um período de treinamento de 60 dias e subsequente destreino de mais 40 dias. Para avaliação da função neuromuscular utilizaram EMG, sendo que para as coletas foi feito um mapa da coxa dos sujeitos avaliados em transparência (papel acetato) para garantir maior precisão na recolocação dos eletrodos. Embora o autor tenha sido o primeiro investigador a utilizar a técnica de mapas, ele não testou sua reprodutibilidade.

Os aprimoramentos metodológicos na coleta do sinal EMG incrementa a reprodutibilidade do método, buscando torná-lo um método padronizado e fidedigno. Os mapas parecem promover um grande controle no posicionamento dos eletrodos, uma vez que esse fica de posse do avaliador, para que se possa posicionar adequadamente os eletrodos nos testes subsequentes envolvendo EMG.

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi comparar as técnicas de controle do posicionamento dos eletrodos de superfície na coleta do sinal eletromiográfico e também avaliar a efetividade da utilização de mapas para assegurar o posicionamento de eletrodos em diferentes dias de coleta.

## **MÉTODO**

Para a realização desta revisão, foram pesquisadas referências atuais sobre o tema a ser abordado, sendo que os artigos foram selecionados nas bases de dados *Pubmed* e *Sportdiscus*. Foram utilizados artigos atuais datados a partir do ano de 2000, e artigos clássicos da utilização da eletromiografia com grande número de citações de pesquisadores renomados no assunto e publicados em revistas internacionais. Para essa busca, foram utilizadas como palavras-chaves: *Electromyography*, *Electrodes*, *Electrode placement maps* e *Reliability* bem como expressões equivalentes na língua portuguesa. O critério de inclusão do estudo foi o de trabalhos que utilizassem a técnica de eletromiografia como ferramenta de avaliação do sistema neuromuscular de membros inferiores e também trabalhos que utilizassem mapas de posicionamento de eletrodos durante diferentes momentos de coleta do sinal eletromiográfico.

### **Eletromiografia (EMG)**

A EMG mostra-se uma ferramenta de grandiosa aplicabilidade na compreensão da atividade muscular é largamente usada para melhor compreensão do envolvimento neuromuscular em resposta ao exercício e também pode ser compreendida como a quantificação dos sinais elétricos da musculatura esquelética<sup>20, 21</sup>. Sendo assim, torna-se de suma importância a compreensão dos fatos que levaram a técnica da eletromiografia que é compreendida hoje e aplicada em alta escala em diversas áreas de conhecimento<sup>22</sup>.

Os primeiros estudos envolvendo potencial elétrico muscular tiveram início pelos trabalhos de William Wolaston (1766-1828) que verificou a ativação muscular de cavalos londrinos por meio de um instrumento precursor do estetoscópio. Já os primeiros estudos envolvendo a eletromiografia irão surgir no início do século XX com os trabalhos do neurofisiologista alemão Hans Pipers que delineou a modulação dos disparos de unidades motoras. Esses foram os primeiras

investigações que se firmaram na hipótese do potencial elétrico corporal. Entretanto, somente a partir dos anos 90 é que começaram a ocorrer investigações maciças envolvendo sincronismo neuromuscular por meio da EMG <sup>23</sup>.

O potencial elétrico celular ou potencial de ativação (PA) é de determinante importância para contração muscular. Essa atividade elétrica, mais precisamente as ocorridas nos potenciais de ação nas unidades motoras, induzem a geração de um campo elétrico <sup>24</sup>. Esse campo elétrico pode ser captado pelos eletrodos e por meio dos aparatos (eletrodos, pré amplificadores, cabos, conversor A/D e etc) que compõe o eletromiógrafo transformar esses dados e valores digitais. O avanço na compreensão dos mecanismos físico-químicos que influenciam a contração muscular avançaram muito nas últimas décadas. Assim, é possível captar atividade elétrica muscular e transmiti-la graficamente para que possa ser analisada por meio de uma técnica chamada eletromiografia <sup>25</sup>. Quanto maior a atividade elétrica muscular – ou seja, maior o número de PA ocorrendo durante a contração e mais unidades motoras ativadas, maior densidade do sinal EMG <sup>25</sup>. Sendo assim, a EMG capta o somatório dos potenciais de ação das unidades motoras encontradas na periferia dos eletrodos <sup>26</sup>. Com a EMG pode-se captar o grau de participação em determinado movimento, em que momento determinado músculo participa e se realmente participa de maneira significativa <sup>14</sup>.

Uma vez compreendida os mecanismos biofísicos que envolvem a contração muscular, torna-se necessário aprofundar os entendimentos nos passos metodológicos que identificam a técnica da EMG. Para coleta do sinal existem basicamente duas maneiras de coletas: por meio de eletrodos de superfícies e de profundidade. Os eletrodos de profundidade objetivam a fixação em uma única unidade motora para posterior análise do seu comportamento <sup>27, 28</sup>. Por meio dos eletrodos de profundidade pode-se verificar a freqüência de disparos dessa unidade motora. Entretanto, este tipo de eletrodo é um método e invasivo, não apresenta informações sobre o somatório de PA do músculo e a reprodutibilidade do sinal EMG é baixa. Já os eletrodos de superfície são mais largamente utilizados – devido a sua praticidade e por ser um método não invasivo. Os eletrodos de superfície capta o somatório dos potenciais de ação das unidades motoras encontradas próximas aos eletrodos <sup>29</sup>.

### **Coleta do sinal EMG de superfície**

Com relação ao método empregado na coleta do sinal EMG é necessário compreender o aparato utilizado para coleta. Para tal será unicamente abordada a EMG de superfície. Como os valores obtidos nas coletas são de pequena magnitude é necessário amplificá-los e para isso utiliza-se da amplificação diferencial. Para tal, o sistema de coleta utilizado são dois eletrodos para captação do sinal e um eletrodo posicionado em um local neutro (eletrodo de referência) – sistema denominado amplificação diferencial. Ou seja, os Potenciais de ação que atingem o par de eletrodos posicionados sobre a musculatura são comparados ao eletrodo de referência <sup>30, 31</sup>.

Na Eletromiografia sempre existem interferências no sinal adquirido. Assim, Gabriel et al.,<sup>8</sup> dividiu em dois grandes grupos: as interferências intrínsecas e extrínsecas. As intrínsecas dizem respeito a elementos que não são possíveis de serem modificados ou minimizados como percentual de gordura na musculatura avaliada, *cross-talk*, etc. Já as extrínsecas podem – e devem – ser minimizadas com o intuito de diminuir os ruídos no sinal coletado. Um procedimento muito utilizado objetivando a diminuição de ruído é a utilização de filtros após a coleta do sinal por

meio de *softwares* específicos para tratamento de sinal EMG. O sinal coletado, ou sinal bruto, é submetido a um processo de filtragem específico e de grande valia, pois minimiza a probabilidade de ruídos no sinal tratado. O primeiro filtro passado chama-se *notch filter*, em que os sinais coletados nas frequências próximas de 60Hz (frequência em média da luz elétrica) são descartadas; outro filtro utilizado é o filtro delimitador de banda chamado “filtro passa-banda” que delimita o espectro de frequência a uma amplitude de 20-500Hz – esse valor possui certa variação na literatura. Os músculos apresentam diferentes comportamentos e estratégias de ativação com uma variação enorme intra-sujeitos, e por conta disso ocorre essa grande variação dos valores de espectro de frequência na literatura <sup>32</sup>.

Uma vez que o sinal foi obtido e tratado ele passa pelo processo de quantificação da densidade do espectro de sinal coletado. As duas formas mais utilizadas para obtenção desse valor são a integral do sinal EMG (iEMG) e a raiz-quadrada da média do sinal obtido (RMS). Como os próprios nomes indicam a iEMG calcula por meio de uma integral toda a área – no espectro de frequência - preenchida por sinal EMG. Como esse espectro possui um delineamento gaussiano, ou seja, possui média igual a zero, a RMS resolve esse impasse e é largamente utilizada nas investigações envolvendo EMG <sup>33</sup>. Outro tratamento utilizado é a utilização do algoritmo da transformada rápida de *Fourier* (FFT) que pode gerar o valor de frequência mediana e frequência média e possui grande precisão em análises envolvendo fadiga muscular <sup>34</sup>.

A compreensão do nível de atividade muscular é de grande importância para diversas linhas de pesquisa porque esse método permite a compreensão da atividade global no sistema neuromuscular, principalmente em estudos longitudinais que apresentam o efeito do treinamento físico sobre o nível de ativação muscular. Neste caso o controle rígido do posicionamento de eletrodos, como os mapas, é fundamental para assegurar valores de sinal EMG fidedignos.

### **Utilização de Mapas para a Coleta do Sinal EMG de superfície**

Os eletrodos podem ser posicionados segundo a descrição do SENIAM-*Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles*, ou no ventre muscular do músculo analisado. A utilização de mapas foi realizada pela primeira vez por Narici et al., <sup>19</sup> que analisaram as variações influenciadas pelo treinamento de força após um período de treinamento de 60 dias e subsequente destreino de mais 40 dias. Para avaliação da função neuromuscular utilizaram a EMG, sendo que para as coletas foi feito um mapa da coxa dos sujeitos avaliados em transparência (papel acetato) para garantir maior precisão na recolocação dos eletrodos. Outros autores que também utilizaram esta técnica foram Cadore et al., <sup>35</sup> na investigação de um período de 12 semanas de treinamento de força com homens idosos.

Apesar dos estudos de Narici et al., <sup>19</sup> e Cadore et al., <sup>35</sup> utilizarem a técnica de mapas estes não apresentaram a reprodutibilidade do sinal EMG pela utilização da técnica de mapas. Já com a utilização de canetas para retroprojeter por Kollmitzer et al. <sup>15</sup> os autores encontraram resultados com maior fidedignidade em intervalos curtos (3 min) e médios (60 min) do que após seis semanas de recolocação dos eletrodos de superfície. Ao que parece a re-marcação das tatuagens na pele com caneta retroprojetera submete a um erro de posicionamento em períodos longos de re-avaliação do sinal EMG, a re-colocação de eletrodos sobre a pele parece ser uma forte limitação deste método.

Além disso, os mapas parecem promover um grande controle no posicionamento dos eletrodos, uma vez que esse fica de posse do avaliador, já que a utilização de canetas poderia ser realizada pelo próprio avaliado o que diminui o controle da avaliação da técnica de EMG para que se possa posicionar adequadamente os eletrodos nos testes subseqüentes envolvendo EMG. A técnica de mapas (Figura 1a) com transparências utiliza as cicatrizes, varizes, protrusões ósseas e manchas na pele para assegurar o exato posicionamento dos eletrodos de superfície o que não é feito quando a utilização de caneta retroprojetora (Figura 1b). Os mapas apresentam uma quantidade maior de pontos de referência para assegurar o posicionamento dos eletrodos sobre a pele do que simplesmente uma tatuagem sobre a pele. Ainda assim, fica difícil afirmar a superioridade dos mapas sobre as tatuagens com caneta retroprojetora já que nenhum estudo da literatura testou a reprodutibilidade dos mapas.

Os trabalhos supracitados de Koolmitzer et al.,<sup>15</sup> (i.e. técnica de aquisição do sinal EMG com tatuagens de caneta sobre a pele) e o trabalho de Cadore et al.,<sup>35</sup> que utilizaram os mapas com o objetivo de avaliar as adaptações neuromusculares ao treinamento de força, apresentavam objetivos diferentes, entretanto os dois estudos coletaram o sinal EMG dos mesmos músculos (vasto lateral, vasto medial e reto da coxa) e dependiam da boa aquisição deste sinal, e devido a variabilidade do mesmo, independente do objetivo do estudo, quanto maior for o controle durante a sua aquisição, mais fidedignas serão as informações desta variável.

A validade dos valores computados está diretamente relacionado à, dentre outros quesitos, metodologia empregada, posição dos eletrodos assim como a correta fixação dos cabos para a coleta do sinal eletromiográfico

Figura 1.

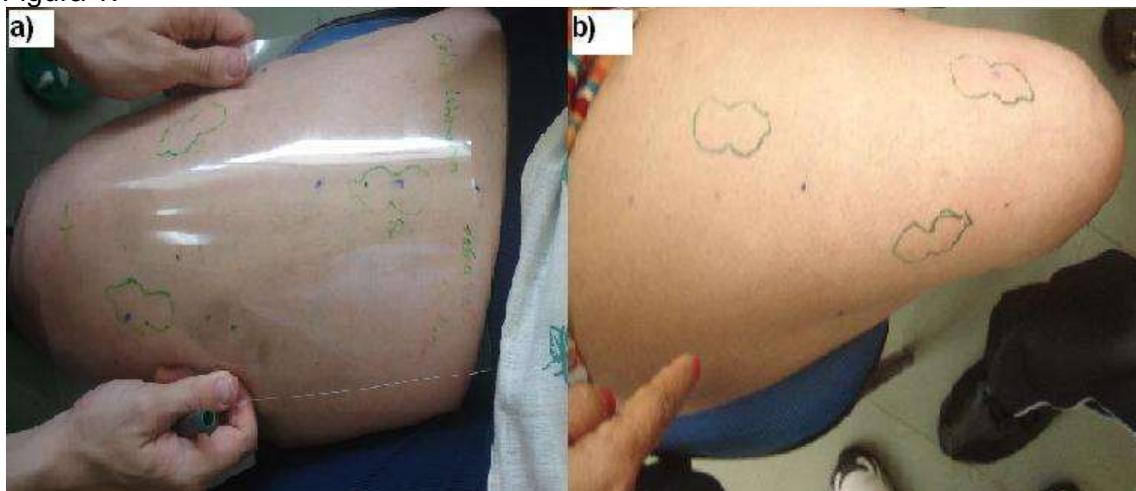


Figura 1. a) Mapa de posicionamento de eletrodos. b) Tatuagens na pele com caneta retroprojetora

## CONCLUSÃO

Para assegurar o posicionamento dos eletrodos de superfície em períodos diferentes de coletas do sinal eletromiográfico a técnica com a utilização de mapas é mais efetiva do que a técnica que somente utiliza as tatuagens sobre a pele com caneta retroprojetora porque utiliza uma maior quantidade de pontos de referência e os mapas ficam de posse do avaliador e não do avaliado.

## REFERÊNCIA:

1. Basmajian JV, Gopal DN and Ghista DN. Electrodiagnostic model for motor unit action potential (MUAP) generation. *Am J Phys Med.* 1985; 64: 279-94.
2. Basmajian JV. Control of individual motor units. A guide and preliminary reading for prospective subjects in single motor unit training experiments. *Am J Phys Med.* 1973; 52: 257-60.
3. Basmajian JV. Electromyographic analyses of basic movement patterns. *Exerc Sport Sci Rev.* 1973; 1: 259-84.
4. Frontera WR, Hughes VA, Krivickas LS and Roubenoff R. Contractile properties of aging skeletal muscle. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2001; 11 Suppl: S16-20.
5. Konishi Y, Fukubayashi T and Takeshita D. Mechanism of quadriceps femoris muscle weakness in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *Scand J Med Sci Sports.* 2002; 12: 371-5.
6. Hakkinen K, Pakarinen A, Kraemer WJ, Hakkinen A, Valkeinen H and Alen M. Selective muscle hypertrophy, changes in EMG and force, and serum hormones during strength training in older women. *J Appl Physiol.* 2001; 91: 569-80.
7. Mujika I and Padilla S. Muscular characteristics of detraining in humans. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33: 1297-303.
8. Gabriel DA, Lester SM, Lenhardt SA and Cambridge ED. Analysis of surface EMG spike shape across different levels of isometric force. *J Neurosci Methods.* 2007; 159: 146-52.
9. Gabriel DA, Kamen G and Frost G. Neural adaptations to resistive exercise: mechanisms and recommendations for training practices. *Sports Med.* 2006; 36: 133-49.
10. Alkner BA, Tesch PA and Berg HE. Quadriceps EMG/force relationship in knee extension and leg press. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32: 459-63.
11. Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C and Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol.* 2000; 10: 361-74.
12. Rainoldi A, Melchiorri G and Caruso I. A method for positioning electrodes during surface EMG recordings in lower limb muscles. *J Neurosci Methods.* 2004; 134: 37-43.
13. Rainoldi A, Cescon C, Bottin A, Casale R and Caruso I. Surface EMG alterations induced by underwater recording. *J Electromyogr Kinesiol.* 2004; 14: 325-31.
14. Hug F. Can muscle coordination be precisely studied by surface electromyography? *J Electromyogr Kinesiol.* 2011; 21: 1-12.
15. Kollmitzer J, Ebenbichler GR and Kopf A. Reliability of surface electromyographic measurements. *Clin Neurophysiol.* 1999; 110: 725-34.

16. Hakkinen A, Hakkinen K, Hannonen P and Alen M. Strength training induced adaptations in neuromuscular function of premenopausal women with fibromyalgia: comparison with healthy women. *Ann Rheum Dis*. 2001; 60: 21-6.
17. Hakkinen K, Kraemer WJ, Newton RU and Alen M. Changes in electromyographic activity, muscle fibre and force production characteristics during heavy resistance/power strength training in middle-aged and older men and women. *Acta Physiol Scand*. 2001; 171: 51-62.
18. Gondin J, Duclay J and Martin A. Soleus- and gastrocnemii-evoked V-wave responses increase after neuromuscular electrical stimulation training. *J Neurophysiol*. 2006; 95: 3328-35.
19. Narici MV, Roi GS, Landoni L, Minetti AE and Cerretelli P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1989; 59: 310-9.
20. Merletti R, Botter A, Cescon C, Minetto MA and Vieira TM. Advances in surface EMG: recent progress in clinical research applications. *Crit Rev Biomed Eng*. 2010; 38: 347-79.
21. Merletti R and Farina D. Analysis of intramuscular electromyogram signals. *Philos Transact A Math Phys Eng Sci*. 2009; 367: 357-68.
22. Merletti R and Lo Conte LR. Surface EMG signal processing during isometric contractions. *J Electromyogr Kinesiol*. 1997; 7: 241-50.
23. Grosse P, Cassidy MJ and Brown P. EEG-EMG, MEG-EMG and EMG-EMG frequency analysis: physiological principles and clinical applications. *Clin Neurophysiol*. 2002; 113: 1523-31.
24. Basmajian JV. Electromyography: its structural and neural basis. *Int Rev Cytol*. 1967; 21: 129-40.
25. Burkow-Heikkinen L. Non-invasive physiological monitoring of exercise and fitness. *Neurol Res*. 2011; 33: 3-17.
26. Basmajian JV. Simple method to improve performance of fine-wire electrodes. *Am J Phys Med*. 1974; 53: 269-70.
27. Komi PV, Linnamo V, Silventoinen P and Sillanpaa M. Force and EMG power spectrum during eccentric and concentric actions. *Med Sci Sports Exerc*. 2000; 32: 1757-62.
28. Komi PV and Tesch P. EMG frequency spectrum, muscle structure, and fatigue during dynamic contractions in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1979; 42: 41-50.
29. Kalmar JM and Cafarelli E. Central excitability does not limit postfatigue voluntary activation of quadriceps femoris. *J Appl Physiol*. 2006; 100: 1757-64.
30. Merletti R, Lo Conte LR, Cisari C and Actis MV. Age related changes in surface myoelectric signals. *Scand J Rehabil Med*. 1992; 24: 25-36.
31. Merletti R, Farina D, Gazzoni M and Schieronni MP. Effect of age on muscle functions investigated with surface electromyography. *Muscle Nerve*. 2002; 25: 65-76.

32. Kawano F, Matsuoka Y, Oke Y, et al. Role(s) of nucleoli and phosphorylation of ribosomal protein S6 and/or HSP27 in the regulation of muscle mass. *Am J Physiol Cell Physiol.* 2007; 293: C35-44.
33. Konrad PE, Owen JH and Bridwell KH. Magnetic stimulation of the spine to produce lower extremity EMG responses. Significance of coil position and the presence of bone. *Spine (Phila Pa 1976).* 1994; 19: 2812-8.
34. Farina D, Merletti R, Indino B, Nazzaro M and Pozzo M. Surface EMG crosstalk between knee extensor muscles: experimental and model results. *Muscle Nerve.* 2002; 26: 681-95.
35. Cadore EL, Pinto RS, Lhullier FL, et al. Physiological effects of concurrent training in elderly men. *International journal of sports medicine.* 2010; 31: 689-97.

**Correspondência:**

Cleiton Silva Correa

LAPEX, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS

Rua: Felizardo, 750

Bairro: Jardim Botânico

CEP: 90690-200

Porto Alegre/ RS, Brazil

Fone: +5551 3316-5894

Fax: +5551 3316-5845

Email: [cleitonesef@yahoo.com.br](mailto:cleitonesef@yahoo.com.br)