

Revisão

Eletrmiografia na fadiga dos músculos eretores da espinha em diferentes posturas

Electromyography in the fatigue of the erector spine muscles in different postures

Elielton Pedroza dos Santos, Ft.* , Wouber Héricksen de Brito Vieira, D.Sc.** , Jonato Prestes, D.Sc.***

.....
*Especialista em Fisioterapia Ortopédica e Desportiva (FARN), **Professor Adjunto, Departamento de Fisioterapia Universidade Federal do Rio Grande do Norte, ***Professor Adjunto, Universidade Católica de Brasília

Resumo

O objetivo do presente estudo foi analisar estudos sobre fadiga eletrmiográfica dos músculos eretores da espinha em três posturas: decúbito ventral, em pé e sentada. Para esta análise foram utilizados periódicos das bases de dados PubMed, Medline, Scielo e Lilacs. Após uma análise crítica, observou-se a possibilidade de identificação da fadiga muscular por meio da eletrmiografia, assim como a relevância de se avaliar algumas variáveis como: tamanho amostral, níveis de contração e influência de outros músculos. Concluiu-se que não há consenso dos estudos quanto ao tipo de protocolo e parâmetros eletrmiográficos mais indicados para se identificar a fadiga dos músculos paraespinhais.

Palavras-chave: eletrmiografia, análise espectral, fadiga muscular, postura, eretores da espinha.

Abstract

The aim of the present study was to analyze electromyographic fatigue of the erector spine muscles in three postures: prone, standing and seated position. For this analysis the PubMed, Medline, Scielo and Lilacs databases were used. After a critical evaluation, it was observed the possibility to identify the muscular fatigue by means of electromyography, as well as the relevance to evaluate some variables such as: amostral size, contraction levels and the influence of other muscles. It can be concluded that there is no consensus regarding the protocol type and the more indicated electromyographic parameters to identify the fatigue of the paraspinal muscles.

Key-words: electromyography, spectrum analysis, muscle fatigue, posture, erector spine.

Recebido em 6 de novembro de 2009; aceito em 11 de maio de 2010.

Endereço para correspondência: Wouber Héricksen de Brito Vieira, Rua Cachoeira de Minas, 2957, 59084-410 Natal RN, E-mail: hericksonfisio@yahoo.com.br

Introdução

A postura manifesta a maneira como o corpo se equilibra e depende da ação integrada do sistema nervoso e do aparelho locomotor. A interligação destes sistemas faz com que os músculos do corpo permaneçam sempre em atividade, até mesmo quando não se está em movimento [1].

Os eretores da espinha, também chamados de paraespinais, são um exemplo de músculos em atividade na coluna quando um indivíduo permanece em estado postural estático. Segundo Cardozo e Gonçalves [2] e Cholewicki e Van Nliet IV [3] os eretores da espinha auxiliam na permanência da postura ereta durante todo o dia e atuam na manutenção da integridade física e funcional da coluna vertebral, por reduzirem a sobrecarga sobre os tecidos passivos como: cápsulas, ligamentos, discos intervertebrais e nervos.

Knoplich [4] e Surita & Souza [5] comentam que algumas posições “viciosas” adotadas (em pé sobre saltos, deitado numa cama ou sentado numa cadeira) podem trazer danos às estruturas osteomioarticulares envolvidas na manutenção postural. A adoção destas posturas incorretas provoca modificações biomecânicas e neurofisiológicas no sistema musculoesquelético da coluna, promovendo desequilíbrios e sobrecargas estruturais.

A posição deitada é considerada como uma postura que apresenta os níveis mais baixos de atividade dos músculos paraespinais e de pressão intradiscal [6]. Nesta posição, o sangue flui livremente para todas as partes do corpo, contribuindo para eliminar os resíduos do metabolismo e as toxinas dos músculos, provocadores de fadiga [5]. Na posição em pé, caso as curvaturas da coluna estejam anatomicamente alinhadas, há pequena ou moderada atividade muscular, o que indica pouco gasto energético [6]. No entanto, as pressões no disco intervertebral são mais elevadas em pé do que na posição deitada, mas usualmente menores do que na sentada, correspondendo a cerca de 10 kg em cada disco [7]. Sob o ponto de vista biomecânico, a postura sentada impõe aproximadamente uma carga de 15 kg sobre os discos intervertebrais. Ao manter a postura sentada estaticamente por longos períodos pode-se produzir tensão dos músculos eretores da espinha e conseqüentemente aumento de pressão em coxa e nádegas [8].

A postura sentada é a posição mais frequentemente adotada em diversas atividades como em escritórios, consultórios, empresas de transporte urbano e de confecções, na prática do ciclismo, em frente ao computador, ou mesmo durante a leitura [9]. Sendo assim, observa-se uma tendência dos indivíduos em permanecer nesta posição por longos períodos, o que pode provocar alterações nas estruturas musculoesqueléticas e conduzir ao aparecimento de lesões na coluna, observadas mais rotineiramente na região lombar [6,10].

De acordo com Gomes e Moraes [11] e Marras [12] os problemas na coluna lombar provenientes da postura sentada estão associados ao fato da pressão sobre os discos

intervertebrais ser em torno de 40% maior nesta posição do que na posição em pé. Segundo o Ministério do Trabalho e Emprego [13] os problemas na região lombar não são apenas decorrentes das sobrecargas biomecânicas na coluna vertebral, mas essencialmente da manutenção da postura estática por período prolongado, o que promove alterações neurofisiológicas.

Com relação às modificações neurofisiológicas, a imobilidade postural constitui um fator desfavorável para a nutrição sanguínea do disco intervertebral, sendo dependente do movimento e da variação da postura, podendo acarretar sua degeneração. Além disso, a postura estática favorece uma contração sustentada e prolongada dos músculos eretores da espinha, que passam a não receber energia e oxigênio. Esta alteração leva os eretores da coluna a utilizar suas próprias reservas, culminando no acúmulo de resíduos metabólicos e dor aguda pela fadiga muscular [10,14].

A eletromiografia de superfície (EMGs) tem sido uma ferramenta amplamente utilizada para avaliar a fadiga destes músculos na posição ortostática, deitada e sentada, haja vista que seus achados incorporam aplicabilidade na prática clínica [15]. Os parâmetros mais comumente utilizados pelos pesquisadores para avaliar a fadiga são a frequência espectral do sinal eletromiográfico (valores da FM – Frequência Mediana) e a amplitude (valores de RMS – *Root Mean Square*) provenientes de músculos submetidos a contrações isométricas ou dinâmicas. Segundo Moritani *et al.* [16], o aumento dos valores de RMS representa o recrutamento de mais unidades motoras para compensar a saturação de fibras já fadigadas e evitar a falência imediata do sistema muscular. Para Azevedo [17] a diminuição dos valores da FM remete ao aumento da concentração de ácido láctico, decorrente de maior exigência da via metabólica glicolítica, o que faz com que o pH diminua (maior quantidade de íons H⁺ no sarcolema) causando a diminuição da velocidade de despolarização da fibra muscular (aumento da concentração de íons K⁺) e conseqüentemente, da capacidade contrátil muscular.

Segundo Farina *et al.* [18] e Lariviere *et al.* [19] a variável eletromiográfica comumente utilizada, validada e confiável para avaliar a fadiga dos músculos paraespinais é a frequência espectral mediana. Para Elfving *et al.* [20] e Koumantakis *et al.* [21], a reprodutibilidade e confiabilidade da avaliação da frequência mediana inicial (FMI) tem se mostrado satisfatória. Gonçalves [22] comenta que outra medida extensamente estudada para verificar a fadiga muscular é o limiar de fadiga eletromiográfico (EMG_{LP}), que representa a máxima carga com que um indivíduo consegue realizar determinado exercício durante o maior tempo possível, sem apresentar fadiga neuromuscular.

A maioria dos trabalhos que utilizam a eletromiografia para analisar a fadiga dos músculos eretores da espinha foi realizada com os indivíduos na posição ortostática [23,24] ou em decúbito ventral [25,26]. No entanto, outros autores realizaram estudos eletromiográficos para a detecção da fa-

diga destes músculos na posição sentada em atividades que utilizam ações isométricas [27,28], tendo como objetivo compreender as alterações neurofisiológicas envolvidas ao adotar-se a postura sentada nas atividades diárias ou no ambiente de trabalho.

Diante do exposto, o presente estudo teve como propósito fazer uma breve revisão crítica de estudos que avaliaram a fadiga dos músculos eretores da espinha em diferentes posturas, por meio da eletromiografia. Os resultados desta revisão podem trazer contribuições para o desenvolvimento de estratégias de prevenção de patologias osteomioarticulares, bem como colaborar com a formulação de programas de reabilitação para as disfunções da coluna lombar.

Métodos

Tipo de estudo

O estudo foi do tipo levantamento bibliográfico de caráter descritivo e exploratório, consistindo na análise crítica de trabalhos publicados, relacionados ao uso da eletromiografia para investigar a fadiga dos músculos eretores da espinha em diferentes posturas adotadas pelo homem.

Procedimentos

Inicialmente, foi realizada a identificação dos estudos relacionados à temática por meio de uma pesquisa em bases de dados científicos *online*. Concomitantemente, foram localizadas as fichas bibliográficas de livros e periódicos nos arquivos das bibliotecas de universidades, faculdades e instituições. Em seguida, foi feita a compilação de todo o material selecionado, sendo as obras alocadas em pastas, divididas em três tipos de posturas, mais comuns: em pé, decúbito ventral e sentada, que foram avaliadas por eletromiografia para o registro da fadiga muscular. Por fim, foi feito o seu fichamento, por meio da transcrição dos dados coletados das fontes de referência em fichas específicas.

Foram analisados artigos publicados sobre o tema nos últimos 15 anos nos idiomas: português, inglês e espanhol. Nessa busca foram consultadas as bases de dados PubMed, Medline, Scielo e Lilacs, sendo utilizados os seguintes descritores nos três idiomas supracitados: eletromiografia, análise espectral, fadiga muscular, postura, eretores da espinha, tomando-se por base o índice de descritores (palavras-chave) das ciências da saúde (www.decs.bvs.br/).

Foram incluídas neste estudo as pesquisas de caráter experimental ou quase experimental que tinham por objetivo verificar a atividade eletromiográfica dos músculos paraespinhais nas posturas de decúbito ventral, ortostatismo e na posição sentada, mesmo que este não fosse o propósito principal deste estudo, além da utilização de livros-texto visando à melhor contextualização do tema.

Análise dos dados

Foi realizada uma análise crítica do material encontrado na literatura, tomando por base os principais pontos de concordância ou discordância entre os autores, como, por exemplo, tipo de postura avaliada, protocolo de avaliação utilizado na identificação da fadiga dos músculos paraespinhais, bem como sua confiabilidade e aplicabilidade na prática clínica.

Resultados e discussão

Foram catalogados quatro livros e 14 artigos utilizados para fins de contextualização do tema pesquisado. Para o aprofundamento do assunto foram selecionados 18 artigos, sendo 10 nacionais e oito internacionais que apresentaram conteúdo específico sobre a eletromiografia na fadiga dos paraespinhais em diferentes posturas. O ano de publicação dos artigos variou entre 2000 e 2009, sendo publicados em revistas científicas indexadas e com a respectiva classificação do *Qualis* obtida no site da CAPES.

Por meio da eletromiografia, a comunidade científica tem desenvolvido protocolos de identificação da fadiga dos músculos paraespinhais avaliando, principalmente, a amplitude de ativação muscular e a frequência do sinal eletromiográfico [23]. Algumas posições de teste têm sido investigadas em pesquisas a fim de verificar a resistência à fadiga destes músculos em contrações isométricas e dinâmicas.

Os estudos que analisaram a fadiga dos eretores da espinha na posição deitada (decúbito ventral) sobre uma maca [25,26,29-31] partiram do princípio que a capacidade que o indivíduo tem de sustentar o tronco em posição horizontal é determinada pela ação dos músculos extensores lombares da coluna vertebral por um determinado período de tempo. No entanto, para os autores [19,21-24,32,33] que avaliaram os sujeitos em posição ortostática (em pé), esta representaria uma posição mais funcional para se avaliar a resistência à fadiga destes músculos, podendo ter aplicabilidade clínica. Por fim, outros autores [27,34-36] sugerem a utilização de protocolos de análise eletromiográfica da fadiga na posição sentada, uma vez que esta posição, além de reproduzir uma situação comum do cotidiano, confere maior estabilidade e melhor fixação da pelve, evitando compensações posturais que possam afetar diretamente os resultados dos testes.

De acordo com Barbosa & Gonçalves [25] o teste de Sorensen é um dos métodos mais comumente usados para avaliar os músculos extensores lombares. Entretanto, para Arab *et al.* [37] este teste apresenta baixa sensibilidade, especificidade, valores preditivos e parece não ser um bom método para avaliar a resistência muscular na prática clínica. O teste consiste na análise da resistência isométrica dos eretores da espinha pela verificação do tempo em que um indivíduo em decúbito ventral é capaz de manter a parte superior do tronco em posição horizontal, com a região glútea e os membros

inferiores fixados a uma maca por três cintos e os membros superiores cruzados em frente ao tórax.

Ainda segundo Barbosa & Gonçalves [25] o teste de exaustão pode ser definido como uma contração isométrica contínua mantida até a exaustão contra diferentes porcentagens de cargas da contração isométrica voluntária máxima (CIVM) do indivíduo, mantendo-se o mesmo posicionamento e modo de fixação do teste supracitado.

Barbosa & Gonçalves [29] realizaram um estudo envolvendo nove homens sem diagnóstico de dor lombar e compararam os dois testes com 30 segundos de contração isométrica submáxima sustentada na posição de decúbito ventral. Estes autores encontraram uma relação significativa da fadiga com os músculos multifídios, analisando os parâmetros de RMS nos dois testes, porém não evidenciaram efeito algum da intensidade da carga de 5% e 20% da CIVM sobre a elevação de RMS. Apesar dos resultados apresentados, observa-se que os protocolos utilizados não consideraram a análise de outros músculos extensores da coluna vertebral, bem como não avaliaram os parâmetros espectrais da FM, o que segundo Arab *et al.* [37] permite uma análise mais objetiva da função muscular e pode influenciar os resultados.

Em estudos similares, Barbosa & Gonçalves [31] encontraram resultados semelhantes ao analisar os parâmetros de FM dos músculos iliocostais e multifídios de nove voluntários do sexo masculino. Para esses autores, a identificação da fadiga dos paraespinhais pode ser verificada pela análise dos parâmetros espectrais de FM, ao mesmo tempo em que evidenciaram diferentes respostas destes músculos dependendo da localização em níveis vertebrais na coluna lombar.

Em estudo com metodologia similar, Barbosa & Gonçalves [31] analisaram a atividade EMG dos músculos iliocostais e multifídios em dezoito homens sem dor lombar. Eles verificaram o aumento nos valores de RMS e diminuição da FM em função do tempo, assim como uma correlação entre a fadiga dos músculos multifídios e as fibras tipo II que, segundo Barbosa & Gonçalves [29] representam pouca resistência à fadiga, por utilizarem o metabolismo anaeróbico como o principal sistema de fornecimento de energia. Segundo Tucker *et al.* [24] há maior tendência destes músculos a desenvolverem fadiga quando comparados aos músculos extensores localizados mais superiormente, como os iliocostais torácico e longuíssimo do dorso.

Com o propósito de buscar confiabilidade e validade de protocolos biomecânicos, de índices eletromiográficos e utilizar-se de medidas mais fidedignas no comportamento dos músculos extensores lombares da coluna, se faz necessária a captação do sinal eletromiográfico do maior número de músculos possíveis [14]. Esta recomendação fundamenta-se na natureza altamente sinérgica dos músculos paraespinhais e o fato de alguns músculos serem mais fadigáveis que outros [38].

Outros estudos utilizaram protocolos de avaliação EMG dos eretores da espinha na posição em pé e encontraram resultados controversos. Cardozo & Gonçalves [2] avaliaram o

processo de fadiga do músculo longuíssimo do dorso de oito homens na posição de 45° de flexão de quadril, por meio de um exercício fatigante com 30% e 60% da CIVM. Os autores encontraram um declínio dos valores da FM para as duas cargas com a progressão do tempo, não sendo observada influência do nível de carga sobre os parâmetros espectrais. Estes resultados corroboram com os achados de Tucker *et al.* [24] que não encontraram mudanças nos valores dos *slopes* (inclinação da reta do espectro de potência) de FM com o aumento da carga de 2.5 kg a 15 kg. Entretanto, verificaram diminuição dos parâmetros espectrais durante contrações sustentadas em função do tempo, em nove homens posicionados com 20° de flexão de quadril segurando uma barra com diferentes cargas.

Já Lariviere *et al.* [19] encontraram resultados com elevado coeficiente de correlação intraclasse (ICC) variando de 0,68–0,91, para a fadiga dos músculos multifídios e longuíssimo do dorso bilateralmente, em exercícios de extensão isométrica do tronco em posição ortostática com 75% da CIVM. Koumantakis *et al.* [21] também analisaram a fadiga dos eretores da espinha por meio de um teste com carga de 60% da CIVM na posição de pé. Os autores observaram que os parâmetros espectrais (FM e FMI) apresentaram adequado nível de confiabilidade ($ICC_{FMI} = 0,91$; $ICC_{FM} = 0,83$) e foram mais reprodutíveis do que os parâmetros de amplitude (RMS). Os parâmetros de RMS revelaram elevados e inaceitáveis níveis erro padrão de medida para aplicabilidade clínica.

Por outro lado, resultados diferentes podem ser observados quando a fadiga dos músculos paraespinhais é avaliada após a realização de exercícios dinâmicos na posição de pé. Gonçalves *et al.* [32] encontraram correlação positiva do valor de RMS em função do tempo com 15% ($r = 0,22$), 25% ($r = 0,48$) e 50% ($r = 0,63$) da CIVM durante contrações repetidas, evidenciando uma tendência à fadiga, porém a reprodutibilidade do processo não foi encontrada por meio dos parâmetros de FM ($p = 0,787$). Estes achados não estão de acordo com os estudos de Cardozo, Gonçalves & Guaglitz [23] e Arnall *et al.* [33] que afirmam que a utilização de cargas de 50% da CIVM são mais confiáveis ($\Delta ICC = 0,24-0,74$) para identificar alterações nos parâmetros espectrais da FM com contrações dinâmicas.

Os resultados controversos da fadiga em protocolos isotônicos e isométricos podem ser justificados pelo fato da fadiga em contrações isotônicas ser decorrente do acúmulo de metabólitos ao passo que, em contrações isométricas, este fenômeno ocorre devido à hipóxia tissular, causada pela compressão dos vasos sanguíneos [39].

Com o objetivo de se verificar o esforço postural estático na posição sentada, a fadiga dos principais músculos envolvidos na manutenção da integridade da coluna pode ser investigada. Menacho *et al.* [28] realizaram um estudo com oito homens sem dor lombar e oito com lombalgia crônica na posição de 30° de flexão do quadril em testes com 50% e 75% da CIVM. Neste estudo houve queda dos valores da FM e simetria dos valores de fadiga nos níveis L1 (longuíssimo do dorso) e

L5 (multifídios) em ambos os grupos avaliados, bem como maior suscetibilidade à fadiga destes músculos nos indivíduos com lombalgia. Os autores atribuem a predisposição à fadiga devido à menor capacidade de gerar força decorrente do descondicionamento e presença de dor nestes sujeitos.

Estes resultados corroboram com os estudos de Kawano *et al.* [27] e Kawano *et al.* [34] os quais observaram valores de *slopes* mais negativos para grupos com dor lombar nos músculos longuíssimo do dorso e multifídios em ambos os lados, como também não encontraram diferença na fadiga entre esses músculos e entre as cargas de 50% e 75% da CIVM. Outra possibilidade segundo Mannion & Dolan [14] e Oberg [40] é a fadiga induzida pelo declínio da FM estar associada a uma menor quantidade de fibras tipo I, o que pode ser observado nos níveis acima de L5. Além disso, os mesmos autores especulam que seria necessária a avaliação de outros músculos considerados acessórios ou sinérgicos da extensão do tronco como o glúteo máximo, reto abdominal e oblíquos externos, a fim de detectar suas influências no desenvolvimento da fadiga dos músculos paraespinhais.

O' Sullivan *et al.* [35] comentam que durante a postura relaxada na posição sentada, a atividade EMG dos músculos eretores da espinha diminui à medida que a região lombopélvica torna-se dependente de suas estruturas passivas, a fim de manter a posição contra a gravidade no final da amplitude da flexão do tronco. Esta alteração pode acarretar uma sobrecarga dos discos lombares e dos ligamentos, podendo levar a uma vulnerabilidade da região lombopélvica a tensão, instabilidade e lesão [41]. Estes achados demonstram a importância de se avaliar o indivíduo na posição sentada, com o tronco na postura ereta, levando em consideração a rotação pélvica, lordose lombar e o relaxamento da coluna torácica [35,36] com o propósito de evitar compensações musculoesqueléticas que podem influenciar os resultados.

Por meio dos protocolos utilizados para identificar a fadiga nos músculos eretores da espinha, observaram-se divergências entre os autores quanto aos resultados da RMS, FM e FMI em relação a cada tipo de postura estudada. Isto demonstra que mais pesquisas devem ser realizadas, a fim de determinar qual(s) protocolo(s) de avaliação EMG devem ser aplicados pelo fisioterapeuta como ferramenta diagnóstica da fadiga destes músculos. Assim, destaca-se como limitação do estudo o número relativamente baixo de trabalhos catalogados.

Conclusão

Os protocolos de testes específicos para cada postura foram desenvolvidos pelos pesquisadores com metodologias divergentes, sendo observada a inexistência de um consenso entre os autores sobre qual protocolo de teste é mais eficaz e aplicável clinicamente em cada postura. Apesar disso, a fadiga muscular dos músculos eretores da espinha pode ser identificada por meio da eletromiografia, especificamente pelo uso dos índices de amplitude e de frequência espectral.

Contudo, verificou-se a necessidade de se considerar fatores que possam interferir direta ou indiretamente neste processo, como: tamanho da amostra, a percentagem de carga da CIVM, o tipo de contração utilizado e a influência de outros músculos sinérgicos e estabilizadores.

Portanto, sugere-se a realização de mais estudos com metodologias confiáveis e reprodutíveis, a fim de contribuir para um melhor diagnóstico da presença de fadiga dos músculos eretores da espinha nas posturas de decúbito ventral, em pé e sentada, o que favorecerá o planejamento e desenvolvimento de programas preventivos e de reabilitação direcionados para as patologias da coluna lombar.

Referências

1. Gagey PM, Weber B. Posturologia regulação e distúrbio da posição ortostática. 2ª ed. São Paulo: Manole; 2000.
2. Cardozo AC, Gonçalves M. Electromyographic fatigue threshold of erector spinae muscle induced by a muscular endurance test in health men. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 2003;43:377-80.
3. Cholewicki J, Van Nliet IV JJ. Relative contribution of trunk muscles to the stability of the lumbar spine during isometric exertions. *Clin Biomech* 2002;17(2):99-105.
4. Knoplich J. Enfermidades da coluna vertebral. 2ª ed. São Paulo: Panamed; 1986.
5. Surita LE, Souza JL. Amplitude de movimento de flexão do quadril e da coluna vertebral e sua relação com a postura corporal nas posições em pé e sentada. In: Anais do Salão de Iniciação Científica. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2003. p.559
6. Oliver J, Middleditch A. Anatomia funcional da coluna vertebral. Rio de Janeiro: Revinter; 1998.
7. Renner JS. Custos posturais nos posicionamentos em pé, em pé/sentado e sentado nos postos de trabalho do setor costura na indústria calçadista [dissertação]. Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2002. 168p.
8. Reis PF, Moro ARP, Contijo LA. A importância da manutenção de bons níveis de flexibilidade nos trabalhadores que executam suas atividades laborais sentados. *Rev Produção* 2003;3(3):1-10.
9. Cardoso DD, Popolim FD. Alterações da coluna vertebral relacionadas ao trabalho sentado em costureiras [monografia]. São Paulo: Centro Universitário Claretiano; 2006. 35p.
10. Grandjean E. Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman; 1998.
11. Gomes VB, Moraes A. Ergonomia e custos posturais do trabalho sentado em atividades técnico-administrativas. *Prod Produção* 2000;4(3):40-61.
12. Marras WS. Occupational low back disorder causation and control. *Ergonomics* 2000;43(7):880-902.
13. Ministério do Trabalho e Emprego. Secretaria de Inspeção do Trabalho. Departamento de segurança e saúde no trabalho - coordenação de normalização Brasília. Nota técnica 060/2001: Ergonomia – indicação de postura a ser adotada na concepção de postos de trabalho. Brasília; 2001.
14. Mannion AF, Dolan P. Relationship between myoelectric and mechanical manifestations of fatigue in the quadriceps femoris muscle group. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1996;74(5):411-9.

15. Kallenberg LAC, Schulte E, Disselhorst-Klug C, Hermens HJ. Myoelectric manifestations of fatigue at low contraction levels in subjects with and without chronic pain. *J Electromyogr Kinesiol* 2007;17:264-74.
16. Moritani T, Kimura T, Hamada T, Nagai N. Electrophysiology and kinesiology for health and disease. *J Electromyogr Kinesiol* 2005;15:240-55.
17. Azevedo M. Avaliação do sinal eletromiográfico como parâmetro para determinação do limiar de fadiga muscular. [Tese]. São Paulo: Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo; 2008. 147p.
18. Farina D, Gazzoni M, Merletti R. Assessment of low back muscle fatigue by surface EMG signal analyses: methodological aspects. *J Electromyogr Kinesiol* 2003;13:319-32.
19. Lariviere C, Arsenault AB, Gravel D, Gagnon D, Loisel P. Evaluation of measurement strategies to increase the reliability of EMG indices to assess back muscle fatigue and recovery. *J Electromyogr Kinesiol* 2002;12:91-102.
20. Elfving B, Dederig A, Németh G. Lumbar muscle fatigue and recovery in patients with long-term low-back trouble electromyography and health-related factors. *Clin Biomech* 2003;18:619-30.
21. Koumantakis GA, Arnall F, Cooper RG, Oldham JA. Paraspinal muscle EMG fatigue testing with two methods in healthy volunteers. Reliability in the context of clinical applications. *Clin Biomech* 2001;16:263-6.
22. Gonçalves M. Eletromiografia e a identificação da fadiga muscular. *Rev Bras Educ Fís Esporte* 2006;20:91-3.
23. Cardozo AC, Gonçalves M, Gauglitz ACF. Spectral analysis of the electromyography of the erector spinae muscle before and after a dynamic manual load-lifting test. *Braz J Med Biol Res* 2004;37:1081-5.
24. Tucker K, Falla DL, Graven-Nielsen T, Farina D. Electromyographic mapping of the erector spinae muscle with varying load and during sustained contraction. *J Electromyogr Kinesiol* 2007;19(3):373-9.
25. Barbosa FSS, Gonçalves M. Fadiga dos músculos eretores da espinha: um estudo eletromiográfico. *Fisioter Pesquisa* 2005a;12(2):6-12.
26. Pereira MP, Gonçalves M. Extensão isométrica do tronco: Análise da recuperação de parâmetros eletromiográficos. *Fisioter Mov* 2007;20:91-9.
27. Kawano MM, Souza RB, Oliveira BIR, Menacho MO, Cardoso APRG, Nakamura FY, Cardoso JR. Comparação da fadiga eletromiográfica dos músculos paraespinhais e da cinemática angular da coluna entre indivíduos com e sem dor lombar. *Rev Bras Med Esporte* 2008;14:208-14.
28. Menacho M, Oliveira BIR, Souza R, Kawano MM, Cardoso JR. Análise da fadiga dos músculos paraespinhais em indivíduos com e sem dor lombar. In: *Anais do XVI Encontro Anual de Iniciação Científica*, Maringá; 2007.
29. Barbosa FSS, Gonçalves M. Comparação entre protocolos de exaustão e 30 segundos utilizados na avaliação da fadiga eletromiográfica dos músculos eretores da espinha. *Rev Bras Fisioter* 2005b;9(1):77-83.
30. Barbosa FSS, Gonçalves M. Protocolo para a identificação da fadiga dos músculos eretores da espinha por meio da dinamometria e da eletromiografia. *Fisioter Mov* 2005c;18:77-87.
31. Barbosa FSS, Gonçalves M. A proposta biomecânica para a avaliação de sobrecarga na coluna lombar: efeito de diferentes variáveis demográficas na fadiga muscular. *Acta Ortop Bras* 2007;15:132-7.
32. Gonçalves M, Cardozo AC, Gauglitz ACF, Malagori BM. Protocolo Biomecânico para Identificação da Fadiga do Músculo Eretor da Espinha. *Motriz* 2002;8(3):115-21.
33. Arnall FA, Koumantakis GA, Oldham JA, Cooper RG. Between-days reliability of electromyographic measures of paraspinal muscle fatigue at 40, 50 and 60% levels of maximal voluntary contractile force. *Clin Biomech* 2002;16:761-71.
34. Kawano MM, Menacho MO, Oliveira BIR, Boer MC, Souza R, Cardoso JR. Análise da fadiga dos músculos paraespinhais em indivíduos saudáveis na posição sentada. *Rev Bras Cineantrop Desempenho Hum* 2009;1:30-6.
35. O'Sullivan PB, Grahamslaw KM, Kendell M, Lapenskie SC, Moller NE, Richards KV. The effect of different standing and sitting postures on trunk muscle activity in a pain-free population. *Spine* 2002;27:1238-44.
36. O'Sullivan PB, Dankaerts W, Burnett AF, Farrell GT, Jefford E, Naylor CS, O'Sullivan KJ. Effect of different upright sitting postures on spinal-pelvic curvature and trunk muscle activation in a pain-free population. *Spine* 2006;31(19):E707-12.
37. Arab AM, Salavati M, Ebrahimi I, Mousavi ME. Sensitivity, specificity and predictive value of the clinical trunk muscle endurance tests in low back pain. *Clin Rehabil* 2007;21(7):640-7.
38. Sparto PJ, Parnianpour M, Marras WS, Granata KP, Reinsel TE, Simon S. Neuromuscular trunk performance and spinal loading during a fatiguing isometric trunk extension with varying torque requirements. *J Spinal Disord* 1997;10:145-56.
39. Larivière C, Gravel D, Arsenault AB, Gagnon D, Loisel P. Muscle recovery from a short fatigue test and consequence on the reliability of EMG indices of fatigue. *Eur J Appl Physiol* 2003;89:171-76.
40. Oberg T. Muscle fatigue and calibration of EMG measurements. *J Electromyogr Kinesiol* 1995;5(4):239-43.
41. Cholewicki J, McGill S. Mechanical stability of the in vivo lumbar spine: Implications for injury and chronic low back pain. *Clin Biomech* 1996;11:1-15.