

WAGNER FABRÍCIO DA SILVA FERREIRA

**RELEVÂNCIA DOS MODELOS NEUROFISIOLÓGICOS MUSCULARES
PARA O CONTROLE POSTURAL ORTOSTÁTICO: revisão crítica.**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2011

WAGNER FABRÍCIO DA SILVA FERREIRA

**RELEVÂNCIA DOS MODELOS NEUROFISIOLÓGICOS MUSCULARES
PARA O CONTROLE POSTURAL ORTOSTÁTICO: revisão crítica.**

Trabalho de Conclusão do curso de especialização em Fisioterapia, apresentado à escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para o título de especialista.

Área de concentração: Ortopedia

Orientadora: Giovana Mendes Amaral

Belo Horizonte

Escola de Educação Física Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2011

RESUMO

Este estudo teve como objetivo realizar uma revisão crítica da literatura sobre a relevância dos modelos neurofisiológicos musculares para o controle postural ortostático. Foram realizadas duas buscas na base de dados Medline através do portal Pubmed, bem como leitura de capítulos de livros. Fizeram parte desta revisão 16 artigos. Os mesmos foram selecionados mediante a adequação do assunto ao tema proposto, após leitura do título e resumo. Os estudos que não abordassem os modelos neurofisiológicos musculares, controle postural, bem como os receptores musculares mais comuns, (fuso muscular e órgão tendinoso de golgi) foram excluídos da revisão. Em conclusão, os receptores musculares têm importante participação na neurofisiologia do controle postural ortostático. Contudo o comportamento destes sensores durante atividades funcionais e de força muscular ainda é discutida, já que os estudos de base revisados apresentaram resultados pouco conclusivos.

Palavras-Chave: controle postural, fuso muscular e órgão tendinoso de golgi.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	Pag. 4
2 METODOLOGIA.....	Pag. 6
3 DESENVOLVIMENTO.....	Pag. 7
4 DISCUSSÃO	Pag. 9
5 CONCLUSÃO.....	Pag. 13
REFERÊNCIAS	Pag. 14

1 INTRODUÇÃO

Este estudo tem como objetivo, revisar de forma crítica a literatura disponível, sobre a relevância dos modelos neurofisiológicos musculares para o controle postural ortostático.

Os músculos são elementos funcionais da dinâmica corporal que contribuem de forma expressiva para o controle postural. Horak, (87), sustenta esta afirmação, quando coloca que o primeiro ponto ao se avaliar o controle postural é testar a função muscular, já que a limitação da amplitude de movimento, a baixa resistência muscular, e a perda de força, afetam as estratégias de controle postural do indivíduo. Shahrokh, et al (2008) analisaram o papel do reflexo de estiramento do fuso muscular durante a estabilização dinâmica do tronco, em situações de perturbação, descrevendo a importância das respostas reflexas do fuso para mudanças na ativação muscular, e aumento da rigidez de tronco em situações dinâmicas.

Com o avanço no conhecimento da estrutura e função do sistema neuromuscular envolvido com os reflexos musculares, associado aos desafios em se compreender a contribuição deste sistema para o controle postural, cresceram as pesquisas nesta área (HORAK, 87; SHABROKH, et al 2008). O papel dos reflexos musculares tanto no controle do movimento quanto na postura ortostática, tem sido objeto de estudos fisiológicos e experimentais (MUGGE, 2010). Estudos fisiológicos têm apontado para os dois receptores musculares mais comuns (fuso muscular e órgão tendinoso de golgi-OTG). São receptores cuja função básica é informar ao sistema nervoso central sobre a taxa de alongamento e a tensão imposta ao sistema músculo esquelético (COOK et al 1995; DONCKER, 2002; MOCHIZUKI, 2006). Em contra partida estudos experimentais têm avaliado a contribuição, isolada, das respostas às perturbações mecânicas, através de avaliação eletromiográfica (EMG), ressaltando a importância da instrução à tarefa, nível de contração muscular, amplitude de deslocamento, largura da banda do sinal de perturbação, e da carga mecânica imposta, para bons resultados (MUGGE, 2010).

Devido ao impacto das lesões ortopédicas sobre o sistema neuromuscular, e à participação deste sistema no controle postural ortostático, torna-se relevante para o profissional da área da reabilitação o conhecimento dos modelos neurofisiológicos musculares, bem como seu papel no controle postural ortostático.

2 METODOLOGIA

Para elaboração deste estudo, foram realizadas duas buscas na base de dados Medline através do portal Pubmed, bem como leitura de capítulos de livros. A priori utilizaram-se as seguintes palavras-chave: (standing and postural control and proprioception), sendo encontrados 118 artigos, dos quais, 3 eram revisões. Em um segundo momento as palavras-chave utilizadas foram: (postural control and muscle spindles and Golgi tendon organs), sendo encontrados 38 estudos, dos quais, 8 eram revisões. Fizeram parte desta revisão 16 artigos. Os mesmos foram selecionados mediante a adequação do assunto ao tema proposto, após leitura do título e resumo. Os estudos que não abordassem os modelos neurofisiológicos musculares, controle postural, e os receptores musculares mais comuns (fuso muscular e OTG), foram excluídos da revisão.

A limitação do estudo foi durante a captação de alguns artigos, pois estes estavam disponíveis somente para compra.

3 MODELOS NEUROFISIOLÓGICOS MUSCULARES

As informações sensoriais transmitidas pelas fibras aferentes proprioceptivas dos músculos desempenham um papel importante no controle da postura. Os receptores musculares têm contribuído com este mecanismo fornecendo uma enorme quantidade de informações proprioceptivas, não somente para a medula espinhal, mas para o cerebelo e córtex cerebral, influenciando na regulação da atividade muscular durante o controle postural (DONCKER, 2002; GRÉGOIRE, 2007; HORAK, 87; TANEDA, 2006). Do ponto de vista fisiológico os receptores musculares (fuso muscular e OTG) são sensores que informam ao sistema nervoso central (SNC), sobre a taxa de alongamento muscular, velocidade do alongamento, e a tensão gerada no tendão, decorrente da aplicação de uma força (DONCKER, 2002; MUGGE, 2010; TANEDA, 2006).

Grande parte dos receptores fusais está localizada no ventre muscular, e suas fibras são separadas em intra e extrafusais fusais, estando as intrafusais em menor quantidade. O fuso envia informações ao sistema nervoso central através das fibras aferentes, e estas são classificadas em fibras do grupo Ia e II. As fibras do grupo (Ia) são encontradas na região equatorial, já as do grupo (II) na região justa equatorial (COOK et. al 1995; DONCKER, 2002). Em um músculo relaxado o fuso muscular comporta-se como um receptor de estiramento (COOK et. al 1995; MOCHIZUKI, 2006; MUGGE, 2010). Mas o que os disparos das fibras aferentes deste sensor representam durante a contração ativa do músculo, ainda é pouco esclarecido. Demitriou, (2008) realizou uma análise da tarefa de preensão em 19 indivíduos sendo 9 do sexo feminino, a fim de reportar o comportamento do disparo fusil durante uma contração muscular ativa dos músculos extensores de punho. Concluindo, entre outras considerações, que o disparo do fuso muscular, no músculo ativo, não fornece uma representação do comprimento muscular ou velocidade das mudanças no comprimento muscular. Segundo este autor, o fuso dos músculos antagonistas ao movimento, são quem contribuem com informação sobre a cinemática articular.

Em contra partida os OTG's são receptores encapsulados e delgados que medem 1,0 milímetros de comprimento e 0,1 milímetros de diâmetro e se localizam em uma região entre o músculo e o tendão (junção miotendínea). As informações oriundas dos OTG's são conduzidas ao sistema nervoso central via fibras aferentes 1b. Diferentemente do que acontecem com os fusos musculares, os OTG's não têm conexões eferentes, não apresentando, portanto modulação do sistema nervoso central (COOK et. al 1995; TANEDA, 2006). Os OTG's são sensíveis às mudanças na tensão do tendão resultante do alongamento ou da contração muscular. Porém o alongamento passivo do músculo não é tão eficiente na ativação do OTG, quando comparado à contração muscular (COOK et. al 1995; MUGGE, 2010; TANEDA, 2006). Stephens et al apud Taneda (2006) analisaram as respostas de 13 OTG, com a finalidade de graduar a força de 29 unidades motoras no músculo gastrocnêmio medial de gatos, sendo realizados 5 experimentos. Concluindo que a atividade total aferente IB durante o estiramento muscular passivo é muito menor que durante a atividade de contração muscular. Segundo este autor, isso ocorre devido à diferença de rigidez existente entre os elementos contrateis e as fibras colágenas do OTG, o que resulta em menor deformação neste sensor, quando alongado passivamente e, por conseguinte menor sensibilização.

Sendo assim as informações sobre uma modalidade sensorial específica, como a força ou comprimento muscular, atingem o cerebelo e o córtex somatossensorial, onde são organizadas (COOK et al 1995). Brodman descreve as subdivisões do córtex em quatro áreas (1, 2, 3 a e 3 b). Estímulos dos receptores musculares e articulares podem sobrepor-se na área 3 a, porém ocorre uma segmentação para as áreas 2 e 1. A partir de então a informação proprioceptiva é transmitida para a área 5 do córtex parietal.

4 DISCUSSÃO

Controle Postural em ortostatismo é uma habilidade complexa que envolve a participação de muitos sistemas sensoriais, inclusive, os receptores musculares do sistema somatossensorial (HORAK, 87; SCHOLZ, 2007). Contudo a interação destes sistemas para a manutenção do controle postural, ainda não é bem esclarecida (MAURER, 2006).

Hsu, et al, (2007) realizaram um estudo com 7 mulheres e 3 homens, saudáveis, com idade entre 20-45 anos, partindo da hipótese de que todas as articulações ao longo da cadeia cinemática longitudinal estão ativas durante a posição ortostática tranqüila. A análise revelou que as seis junções avaliadas foram coordenadas, de maneira que, a variância conjunta das articulações teve efeito mínimo sobre o centro de massa e cabeça, durante o ortostatismo. Contudo o experimento foi realizado também sem influência da visão, observando um aumento na resultante da variância conjunta. O resultado sugere que as juntas estão mais ativas e participam mais do controle da postura ortostática sem a influência do sistema visual. Já Maurer et al, (2006) avaliaram 10 indivíduos. Dentre os seis com idade entre 34-53 dois eram mulheres e 4 homens. E dentre os quatro sujeitos com idade entre 33-42 todos eram do sexo masculino. Os autores mediram a resposta postural à perturbação, de indivíduos normais e com disfunção vestibular. Os resultados experimentais foram comparados com os de uma simulação, obtidos a partir de um modelo de pêndulo invertido do controle postural, sugerindo que em condições de oscilação, indivíduos normais, alteram sua estratégia postural pelo feedback de força oriundo dos sensores somatossensoriais plantares.

Segundo Taneda, (2006) o OTG e o fuso muscular exercem influências opostas. Por este motivo, alguns pesquisadores referem-se ao OTG como reflexo de estiramento inverso. Embora a atividade destes sensores tenha sido estudada por muitos pesquisadores, os resultados ainda não são bem esclarecidos. Mugge et al (2010)

propuseram um modelo rigoroso da função reflexa para tarefas de posição e de força. Participaram do estudo dez indivíduos (cinco homens e cinco mulheres) com idade média de 20-28 anos, sem histórico médico de doenças neurológicas e lesões no tornozelo. Os autores levantaram a hipótese de que em tarefas de posição haveria feedback excitatório do fuso, e em tarefas de relaxamento e força ausência de feedback. Já o Feedback do OTG estaria ausente em tarefas de posição e relaxamento e haveria um feedback inibitório em tarefas de força. Os autores reportaram que os resultados do experimento estavam de acordo com as hipóteses (feedback inibitório do OTG durante a tarefa de força, e feedback excitatório do fuso muscular durante tarefas de posição). Porém foi observado também nesse estudo, feedback inibitório do OTG e do fuso, durante tarefas de força, bem como feedback excitatório do OTG e do fuso durante tarefas de posição.

Janice et al (1997) avaliaram a variabilidade da amplitude do reflexo de estiramento no músculo gastrocnêmio medial de gatos, durante tarefas posturais. Os autores analisaram a velocidade do estiramento local das fibras musculares, e a amplitude reflexa do sinal eletromiográfico locais, a fim de determinar a contribuição do feedback do fuso muscular para o controle postural. Neste estudo foi hipotetizado que a velocidade do movimento externo ou a velocidade de estiramento do músculo todo, poderia não representar, exatamente, o input mecânico para o fuso muscular, especialmente quando se trata de forças pequenas. Três gatos foram treinados para permanecerem em pedestais com o tornozelo em rotação. Foram registrados a eletromiografia EMG, o movimento das fibras nas regiões proximal e distal do músculo, além do alongamento muscular e a força no tendão. Os autores evidenciaram que a velocidade no músculo local correlacionou-se mal com a velocidade no músculo como um todo, demonstrando que, muitas vezes, os movimentos musculares internos e externos são diferentes, principalmente, durante tarefas que envolva ativação muscular leve e moderada. A amplitude do reflexo EMG teve boa correlação com a velocidade de estiramento das fibras locais, porém não apresentou boa correlação com a velocidade de estiramento do músculo. Já a falta de correlação entre velocidade de estiramento e amplitude do reflexo eletromiográfico, entre as fibras das regiões proximais e distais,

pode estar relacionada a um componente reflexo local. Foi concluído que mudanças no comprimento das fibras musculares locais representam melhor a entrada do input mecânico para ativação do fuso muscular, quando comparado a mudanças no comprimento do músculo todo. O que fundamenta a hipótese de Mugge et al (2007) de que em tarefas de posição havia um feedback excitatório do fuso muscular, e inibitório quando em contração do músculo todo, em tarefas de força.

Pauvert et al (2005) avaliaram o aumento na excitação dos motoneurônios do grupo II dos músculos do tornozelo para os músculos da coxa, durante o ortostatismo. Segundo este autor há crescente evidência de que a excitação das aferentes do grupo II do fuso muscular desempenham um papel mais importante do que a excitação do grupo Ia no controle da postura bípede, e marcha. Durante a fase de apoio da marcha há um estiramento em Ia no tríceps sural após aceleração da esteira. Enquanto que no grupo II as respostas mediadas são constantes independentemente da natureza da perturbação. Neste sentido é razoável de se pensar na importante contribuição do grupo II para o controle da postura ortostática. Este estudo foi realizado com 13 indivíduos saudáveis, com média de idade de 22-65 anos. Os autores reportaram que ao se estimular as aferências do músculo tibial anterior (TA), no nervo fibular, acontecia excitação inicial do grupo I e final do grupo II dos motoneurônios do quadríceps (QD). E com a estimulação das aferências no nervo do gastrônêmio (GM) acontecia excitação final apenas do grupo II dos motoneurônios do músculo semitendíneo (ST). A excitação produzida pelas aferências do grupo II foi significativamente maior, quando os indivíduos estavam em pé e inclinando, do que durante uma co-contratação dos pares de músculos (ex: TA e QD). Os autores propõem que este aumento na excitação dos músculos da coxa pelas aferências do grupo II, seja devido ao controle noradrenérgico descendente sendo específico para ações sináptica do grupo II aferentes. Sendo assim, entende-se que as fibras aferentes do grupo II, desempenham um papel importante na ativação de músculos que participam do controle postural em ortostatismo.

Apesar de os resultados não serem tão conclusivos, entende-se que estes sensores sejam fundamentais para o processo de controle postural e do movimento. Taneda

(2006) realizou uma revisão da literatura no período de 1964 até os dias atuais, sendo estudos experimentais, revisões e capítulos de livros, sobre os receptores musculares (OTG e fuso). Os autores concluíram que o OTG atua juntamente com o fuso muscular na regulação do tônus e da complacência muscular, através de uma complexa integração entre diversos aferentes. Estes sensores ainda estão envolvidos na mediação da propriocepção, e possuem um papel importante no controle postural e do movimento.

5 CONCLUSÃO

Os receptores musculares têm importante participação na neurofisiologia do controle postural ortostático. Contudo o comportamento destes sensores durante atividades funcionais e de força muscular ainda é discutida, já que os estudos de base revisados apresentaram resultados pouco conclusivos. Neste sentido é importante mais pesquisas, e estudos de revisão sistemática da literatura, a fim de que o papel destes sensores seja apresentado de forma mais objetiva.

REFERÊNCIAS

C. MAURER; MERGNER T; PETERKA, R.J. Multisensory control of human upright stance. **Exp brain res**, n. 171, p. 231–250, 2006.

COOK-SHUMWAY, Anne; WOOLLACOTT, Marjorie H. **Motor control**: theory and practical application. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, c 1995. 475p.

COURTINE, Grégoire *et al. al.* Stance- and locomotion-dependent processing of vibration-induced proprioceptive inflow from multiple muscles in humans. **J Neurophysiol**, v. 97, p. 772–779, 2007.

DIMITRIOU, Michael; BENONI, B. Edin. Discharges in human muscle spindle afferents during a Key-pressing task. **J Physiol**, n. 586.22, p. 5455–5470, 2008.

FAY, B. Horak. Clinical measurement of postural control in adults. v.67, n.12, **Physical Therapy** December 1987.

FAY, B. Horak. **Postural orientation and equilibrium**: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? London: Oxford University Press/ British Geriatrics Society, 2006.

JANICE, J. Eng; HOFFER, J. A. Regional variability of stretch reflex amplitude in the cat medial gastrocnemius muscle during a postural task. **J Neurophysiol**, n. 78, p.1150-1154, 1997.

L. DE-DONCKER, *et al.* Expression of myosin heavy chain isoforms along intrafusal fibers of rat soleus muscle spindles after 14 day of hindlimb unloading. **The Journal of Histochemistry & Cytochemistry**. 2003 vol. 51 no. 11 **1479-1489**.

MAGEE, David J. Avaliação da postura In: **Avaliação musculoesquelética**. 4 ed. Barueri- SP: Manole, 2005. Cap. 6, p. 869-898.

MARK, W Morningstar *et al. al.* Reflex control of the spine and posture: a review of the literature from a chiropractic perspective. 09 August 2005 **Chiropractic & Osteopathy**, 13:16 n.13, p.16, 2005.

MOCHIZUKI, L; AMADIO, A.C. As informações sensoriais para o controle postural. **Rev. fisioterapia em movimento**, Curitiba, v.19, n.2, p. 11-18, abr./jun., 2006.

MUGGE, Winfred. A rigorous model of reflex function indicates that position and force feedback are flexibly tuned to position and force tasks. **Exp brain res**, n. 200, p.325–340, 2010.

SHAHROKH, Zeinali-Davarani, *et al.* Dynamic stability of spine using stability-based optimization and muscle spindle reflex. **Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v. 16, n. 1. February, 2008.

TANEDA M; POMPEU JE. Fisiologia e importância do órgão tendinoso de Golgi no controle motor normal. **Rev Neurocienc**, v.14, n. 1, p. 037-042.

VÉRONIQUE, Marchand-Pauyert *et al.* Increase in-group II excitation from ankle muscles to thigh motoneurons during human standing. **The Journal of Physiology**, July 2005 566, 257-271.

WEI-LI HSU, Johon P. Scholz *et al.* Control and estimation of posture during quiet stance depends on multijoint coordination. **J neurophysiol**, n.97, p. 3024–3035, 2007.