

MANUTENÇÃO DO CONTROLE POSTURAL FRENTE A PERTURBAÇÕES DE BAIXA MAGNITUDE

Elke dos Santos Lima¹, Victor H.A. Okazaki^{1,2}, Luis Mochizuki³, Luis A. Teixeira¹

¹Universidade de São Paulo / Sistemas Motores Humanos

²Universidade Federal do Paraná / Centro de Estudos do Comportamento Motor

³Universidade de São Paulo / Laboratório de Biomecânica

Resumo: Este estudo objetivou analisar o efeito de perturbações com baixa magnitude no controle postural. Seis sujeitos (idade 25 ± 2 anos) foram instruídos a posicionarem-se em pé sobre uma plataforma de força. Foram utilizadas duas fontes de perturbação: colocação de um pino (9 x 5 mm) sob a base de apoio do sujeito na porção anterior ou posterior de cada pé, e aplicação de eletro-estimulação (intensidade de 50% do valor percebido) no músculo tibial anterior de cada perna; com isto foram formadas seis condições experimentais. As variáveis selecionadas do movimento antero-posterior do centro de pressão foram: amplitude, deslocamento total, velocidade, e variabilidade. A análise estatística não revelou diferenças entre as condições para nenhuma variável ($p > 0.05$). Tais resultados reforçam a participação efetiva dos níveis inferiores de controle na manutenção da postura ereta bipodal.

Palavras-Chave: Controle Postural, Perturbações de Baixa Magnitude, Controle Motor.

Abstract: This study aimed to analyze the effect of perturbations with low magnitude in postural control. Six subjects (age 25 ± 2 years) were instructed to be positioned over a force plate. Two sources of perturbation were used: setting a pin (9 x 5 mm) under the below subjects' base support in posterior or anterior region of the foot, and application of electro-stimulation (intensity of 50% from the perceived value) in anterior tibial muscle from each leg; constituting six experimental conditions. The selected variables from center of pressure antero-posterior movement were: amplitude, total displacement, velocity and variability. Statistical analysis did not show differences between the conditions for none variables ($p > 0.05$). These results reinforce the effective participation of low levels of control in the maintenance of bipodal posture.

Keywords: Postural Control, Low Magnitude Perturbations, Motor Control.

INTRODUÇÃO

A manutenção da estabilidade postural durante a posição ereta bipodal é uma tarefa complexa realizada com base na integração de informações vindas do sistema visual, vestibular e somatosensorial [1, 2, 3]. A contribuição das diferentes vias sensoriais no controle postural é estudada a partir da manipulação da disponibilidade de informações durante a tarefa, como por exemplo, a redução da informação visual ou a variação da estabilidade da base de apoio [4].

No sentido oposto, quando uma informação somatosensorial extra é fornecida ao sujeito, através do toque de um dos dedos numa superfície rígida e imóvel, durante a manutenção da postura ereta, a flutuação postural é reduzida [3, 5, 6]. Além do acréscimo ou retirada de informação, o

controle postural pode ser perturbado por uma alteração de interpretação da informação. A superfície de apoio também parece influenciar a oscilação corporal [7, 8]. O deslocamento do centro de pressão (CP) aumentou com a redução na área de apoio, bipodal para unipodal, especialmente quando o apoio foi realizado sobre uma espuma [7, 8].

Vuillerme, Teasdale e Nougier [9], submeteram os sujeitos à alteração da informação proprioceptiva através da vibração dos tendões dos músculos gastrocnêmio e tibial anterior por dez segundos, enquanto permaneciam na postura ereta bipodal o mais imóvel possível. Foram comparados os períodos de propriocepção normal e alterada, no qual os sujeitos apresentaram aumento da velocidade de deslocamento do CP. Este

comportamento também foi identificado por Balter, Stokroos, Akkermans e Kingma [10] utilizando como perturbação a estimulação galvânica. A estimulação galvânica gerou perturbação do sistema vestibular e a alteração da propriocepção através da vibração nos músculos da perna, ocasionando no aumento da oscilação postural. O CP apresentou modificações em sua magnitude e seu comportamento, refletindo a soma das perturbações produzidas por cada alteração sensorial individualmente [11]. Isto indicou que a participação de cada fonte de informação no controle postural foi realizada de forma isolada.

Além da perturbação gerada através da vibração muscular, o controle postural também pode ser influenciado pela alteração da sensibilidade plantar. Meyer, Oddsson e De Luca [12] identificaram que a redução da sensibilidade na região plantar, promovida pela anestesia local, aumentava a velocidade e deslocamento do CP na postura ereta bipodal, especialmente quando a tarefa foi realizada sem a informação visual. Contudo, as alterações das informações recebidas pelos sistemas sensoriais também podem produzir efeitos positivos no controle postural [13].

Priplata, Niemi, Salen, Harry, Lipsitz e Collins [13] compararam a oscilação corporal de jovens e idosos durante a postura ereta bipodal, realizada sobre uma plataforma que poderia ou não gerar ruído mecânico ao sistema somatosensorial. Este ruído não era perceptível ao sujeito, portanto eles não sabiam quando estavam realizando uma tentativa de controle (sem ruído) ou experimental (com ruído). Os resultados indicaram que com a aplicação do ruído a oscilação corporal foi reduzida, sendo que nesta situação os idosos alcançaram valor semelhante aos jovens.

Sendo o controle postural uma tarefa complexa realizada com base na integração de diversas fontes de informação, a investigação da participação dos sistemas sensoriais torna-se necessária. Em especial, o presente estudo investigou o efeito de perturbações com baixa magnitude sobre o controle postural.

MATERIAIS E MÉTODOS

Participantes

Participaram do estudo cinco sujeitos voluntários (3 mulheres e 2 homens), com idade média de 25 anos, que não apresentavam distúrbios neurológicos ou motores conhecidos.

Tarefa e Equipamentos

Os sujeitos foram solicitados a permanecer na postura ereta bipodal com os braços relaxados ao longo do corpo, em uma plataforma de força da marca KISTLER AG, com superfície de medição de 60 x 90cm. A tarefa era realizada mantendo-se uma distância aproximada de 8cm entre os pés, e duas fontes de perturbação eram manipuladas, alteração da superfície de apoio e eletroestimulação (EE) muscular. Para alterar a superfície de apoio foram colocados dois pinos (diâmetro: 0,9mm; espessura: 0,4mm), um sob cada um dos pés em duas posições diferentes, porção anterior e posterior.

A perturbação muscular foi promovida por um aparelho de eletroestimulação da marca Quark, modelo FES VIF 975, geração 2000, e 4 eletrodos auto-adesivos Electro-Sticker Valutrode com dimensão de 5 cm², fixados no ventre muscular tibial anterior de ambos os membros inferiores. Os parâmetros da EE utilizados foram: frequência de

40Hz; largura de pulso de 100ms; e intensidade de 50% do limiar de sensibilidade do sujeito.

Acrescentando-se também a condições controle, sem nenhuma perturbação, foram totalizadas seis condições, três sem EE e 3 com EE (sem pino, pino na porção anterior dos pés, e pino na porção posterior dos pés). Para cada condição foi realizada uma tentativa com janela de coleta de 40 segundos, dos quais foram descartados os 10 primeiros, pois que correspondiam ao tempo que o sujeito pisava na plataforma e adequava a posição dos pés às marcas pré-estabelecidas.

Procedimentos e análise

Para determinação do limiar de sensibilidade do sujeito à EE, os eletrodos eram fixados em ambos os membros inferiores e através do aumento gradativo da intensidade, o sujeito sinalizava o momento em que detectava alguma alteração. Após instrução sobre a tarefa foi demarcada na plataforma a área de apoio de cada sujeito. Já com os eletrodos fixados, os sujeitos realizavam inicialmente as tentativas sem EE, os pinos eram colocados sobre a plataforma e ao sinal do experimentador o sujeito deveria pisar sobre a área demarcada e conseqüentemente sobre os pinos quando presentes, a ordem de colocação dos pinos era randomizada entre os sujeitos.

Os dados utilizados da plataforma de força foram referentes ao centro de pressão (CP) somente no sentido antero-posterior por apresentar maior sensibilidade do que o componente médio-lateral para esta tarefa. Os dados do CP foram filtrados (passa-baixa Butterworth 4ª ordem, 40Hz), removendo a tendência linear e suavizados com spline cúbico, as operações sobre os arquivos foram feitas em rotinas elaboradas no Matlab 7.0.1. Como variáveis dependentes foram selecionadas, a

amplitude, o deslocamento e a velocidade do deslocamento do CP antero-posterior.

RESULTADOS

As variáveis foram analisadas através de uma ANOVA de dois fatores: (2) perturbação muscular x (3) perturbação plantar, com medidas repetidas nos dois fatores. O nível de significância foi estabelecido em $p < 0.05$. Não foram identificadas diferenças significantes para os fatores principais assim como para as interações, amplitude ($p < 0.3772$) apresentado na Figura 1, deslocamento total ($p < 0.7565$), velocidade ($p < 0.7565$), e variabilidade ($p < 0.7677$).

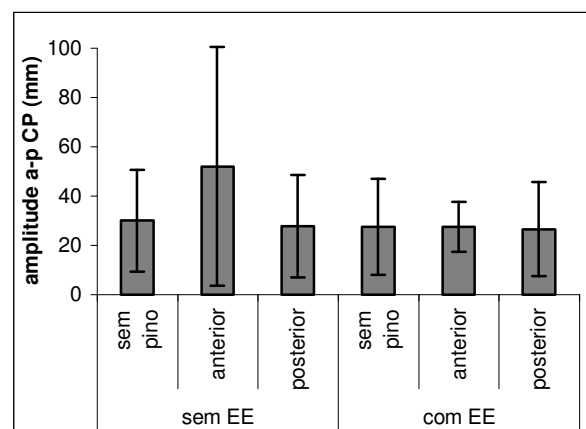


Figura 1 – Amplitude média antero-posterior do CP para as seis condições experimentais: sem e com EE (sem pino, pino anterior e pino posterior).

Para identificar se houve efeito de ordem, especialmente nas condições com pino, selecionamos somente as tentativas com perturbação plantar, colocação do pino (anterior e posterior). Os dados foram comparados de acordo com a ordem de execução, desconsiderando a posição do pino, através do teste não-paramétrico

de Wilcoxon. Apenas a variável amplitude demonstrou diferença significativa ($p < 0.0001$), apontando redução da amplitude de deslocamento ântero-posterior do centro de pressão com ao longo das tentativas (Figura 2). Podemos verificar que a primeira tentativa realizada com pino promove maior amplitude de deslocamento do CP do que a tentativa seguinte, com maior magnitude para a condição sem EE, condição esta realizada antes da com EE.

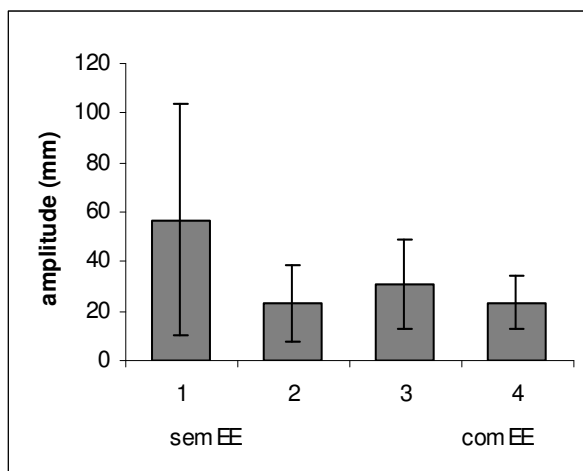


Figura 2 – Amplitude de deslocamento antero-posterior do CP de acordo com a ordem de execução para as condições experimentais sem e com EE, considerando-se apenas as tentativas com pino (anterior e posterior).

A análise da variabilidade do CP auxiliou a entender os parâmetros relacionados indiretamente à magnitude e frequência de oscilação do CP no controle postural. Conseqüentemente, maior entendimento pode ser alcançado através da análise do controle frente a diferentes estímulos de perturbação da postura. Para testar estas hipóteses, o Coeficiente de Variabilidade e o Desvio Padrão do CP foram analisados em cada condição de perturbação. As Figuras 3 e 4 apresentam o

comportamento do Coeficiente de Variabilidade e do Desvio Padrão do CP antero-posterior.

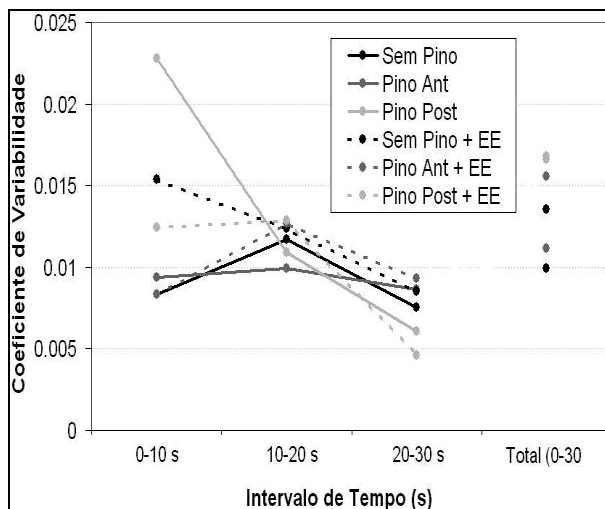


Figura 3 – Coeficiente de Variabilidade do deslocamento do CP antero-posterior.

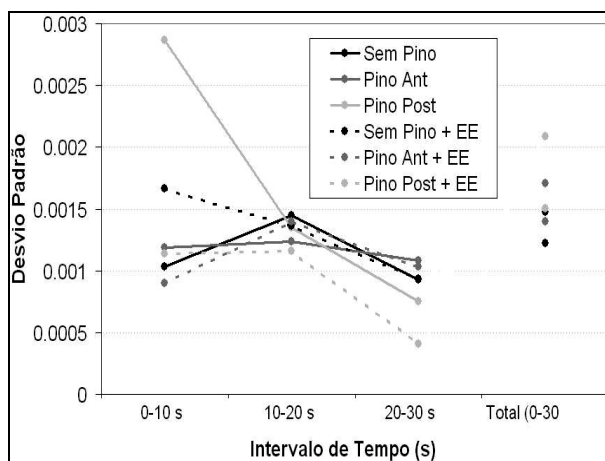


Figura 4 – Desvio Padrão do deslocamento do CP antero-posterior.

Os resultados não demonstraram um efeito principal da condição pino ou eletro estimulação sobre o coeficiente de variabilidade e desvio padrão. Entretanto, uma tendência houve no sentido antero-posterior para reduzir a variabilidade em função do aumento do tempo, independente do estímulo de perturbação utilizado. Uma possível explicação para este fenômeno é o aumento da exploração de possíveis áreas de

acomodação do CP para compensar a restrição no sentido antero-posterior.

DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo não revelaram efeito significativo na oscilação corporal com a adição de perturbações de baixa magnitude. O fator de maior relevância está no fato de identificarmos um efeito de ordem nos dados da amplitude, isto é, todos os sujeitos apresentaram queda da amplitude de deslocamento do CP na segunda tentativa realizada com pino, quer seja na parte anterior ou posterior dos pés. Este comportamento indica que ocorre uma adaptação aguda à colocação do pino, sendo acentuada nas condições com EE provavelmente por estas tentativas terem sido realizadas após as condições sem EE.

Os resultados, desta forma, sugerem que diante de pequenas perturbações, como a colocação de pinos sob a base de apoio, as estratégias de manutenção do equilíbrio podem ser modificadas. Porém a ordem de execução das condições parece ser um fator importante na escolha do modo de controle.

A amplitude do deslocamento do centro de pressão antero-posterior durante o apoio bipodal realizado com a perturbação sensorial, apresentou redução quando o sujeito já tinha realizado outra tentativa com a mesma perturbação, mesmo que a posição da colocação do pino tenha sido alterada. Porém, o deslocamento total do centro de pressão não foi alterado entre as tentativas, isto pode revelar a adoção de uma estratégia limitante, onde a frequência de oscilação é aumentada em uma amplitude mais restrita. A experiência prévia em uma determinada postura pode auxiliar na seleção

de estratégias mais eficientes para manter o equilíbrio postural em condições próximas.

Outro fator a ser considerado é a adaptação à perturbação aplicada ao longo do tempo. As sensações de incômodo causadas pela colocação do pino (anterior e posterior) podem ter sido reduzidas através de uma acomodação dos componentes visco-elásticos na estrutura da base de apoio. Por outro lado, a utilização da eletro-estimulação poderia ter um efeito estocástico acumulativo ao longo do tempo, aumentando ainda mais a variabilidade em função do acréscimo de tempo. Por conseguinte, os diferentes estímulos apresentariam estratégias de controle diferenciadas ao longo do tempo.

Em conjunto, os resultados do presente sugerem a participação efetiva dos níveis inferiores de controle para a manutenção da postura ereta bipodal. Porém, mais estudos devem ser conduzidos para firmar tais inferências. Sabendo-se que o controle postural é específico da habilidade praticada [8], e sendo a posição ereta bipodal uma tarefa da vida diária, também é recomendada a utilização de outras posturas que provoquem maior instabilidade.

AGRADECIMENTOS

Agrademos a CNPQ pela bolsa de doutorado concedida ao segundo autor no período de realização deste trabalho (proc. nº 141573/2006-6).

REFERÊNCIAS

- [1] Duarte M, Mochizuki L. Análise estabilográfica da postura ereta humana. In: Teixeira, L. *Avanços em Comportamento Motor*. São-Paulo-SP: Movimento, 2001.

- [2] Duarte M, Zatsiorsk YVM. On the fractal properties of natural human standing. *Neuroscience Letters* 2000; 283: 173-176.
- [3] Jeka J, Oie K, Schöner G, Dijkstra T, Henson E. Position and velocity coupling of postural sway to somatosensory drive. *Journal of Neurophysiology* 1998; 79: 1661-1674.
- [4] Dault MC, Geurts ACH, Mulder TW, Duysens J. Postural control and cognitive task performance in healthy participants while balancing on different support-surface configurations. *Gait and Posture* 2001; 14: 248-255.
- [5] Riley MA, Stoffregen TA, Grocki MJ, Turvey MT. Postural stabilization for the control of touching. *Human Movement Science* 1999; 18: 795-817.
- [6] Slijper H, Latash ML. The effects of muscle vibration on anticipatory postural adjustments. *Brain Research* 2004; 1015: 57-72.
- [7] Vuillerme N, Danion F, Marin L, Boyadjian A, Prieur JM, Weise I, Nougier V. The effect of expertise in gymnastics on postural control. *Neuroscience Letters* 2001; 303 (2): 83-86.
- [8] Vuillerme N, Nougier V. Attentional demand for regulating postural sway: the effect of expertise in gymnastics. *Brain Research Bulletin* 2004; 63(2): 161-165.
- [9] Vuillerme N, Teasdale N, Nougier V. The effect of expertise in gymnastics on proprioceptive sensory integration in human subjects. *Neuroscience Letters* 2001; 311(2): 73-76.
- [10] Balter SG, Stokroos RJ, Akkermans E, Kingma H. Habituation to galvanic vestibular stimulation for analysis of postural control abilities in gymnasts. *Neuroscience Letters* 2004; 366(1): 71-75.
- [11] Hlavacka F, Mergner T, Krizkova M. Control of the body vertical by vestibular and proprioceptive inputs. *Brain Research Bulletin* 1996; 40(5/6): 431-435.
- [12] Meyer PF, Oddsson LIE, De Luca CJ. The role of plantar cutaneous sensation in unperturbed stance. *Experimental Brain Research* 2004; 156: 505-512.
- [13] Priplata A, Nieme J, Salen M, Harry J, Lipsitz LA, Collins JJ. Noise-Enhanced human balance control. *Physical Review Letters* 2002; 89(23): 238101-1 – 238101-4.