



ELSEVIER

REVISTA BRASILEIRA DE
REUMATOLOGIAwww.reumatologia.com.brSOCIEDADE BRASILEIRA
DE REUMATOLOGIA

Artigo original

Efeitos da manipulação da sensibilidade plantar sobre o controle da postura ereta em adultos jovens e idosos**Álvaro S. Machado, Caio Borella Pereira da Silva,
Emmanuel S. da Rocha e Felipe P. Carpes***

Grupo de Pesquisa em Neuromecânica Aplicada, Universidade Federal do Pampa, Uruguaiana, RS, Brasil

INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

Histórico do artigo:

Recebido em 25 de agosto de 2015

Aceito em 24 de novembro de 2015

On-line em xxx

Palavras-chave:

Controle postural

Equilíbrio

Centro de pressão

Estabilidade

Envelhecimento

RESUMO

Introdução: Pessoas com perdas sensoriais apresentam déficits de equilíbrio. Embora esse quadro seja comum em idosos, ainda se discute o quanto idosos sem doenças que afetam as vias sensoriais dependem dessa informação para controlar oscilações corporais durante o controle da postura.

Objetivo: Investigar os efeitos da perturbação da sensibilidade plantar sobre o controle da postura ereta em adultos jovens e idosos independentes (n = 19/grupo).

Métodos: A sensibilidade plantar foi avaliada com estesiômetro e dados de velocidade e deslocamento do centro de pressão durante a postura de pé foram avaliados para cada pé com um baropodômetro, em condições de olhos abertos e fechados. O grupo de adultos jovens foi avaliado quanto ao centro de pressão nas condições normal e pós-perturbação da sensibilidade plantar, pela imersão dos pés em água e gelo.

Resultados: Adultos não apresentaram alterações no centro de pressão em resposta à perturbação sensorial e tiveram, mesmo na condição de perturbação sensorial, melhor controle postural do que idosos. Idosos apresentaram menor sensibilidade plantar e maior oscilação do centro de pressão do que os adultos jovens.

Conclusão: Idosos pareceram depender mais da sensibilidade plantar para manter o controle postural do que adultos jovens. Em idosos, intervenções clínicas que melhorem a sensibilidade plantar podem auxiliar na tarefa de manter a postura de pé.

© 2016 Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob a licença de CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondência.

E-mail: carpes@unipampa.edu.br (F.P. Carpes).<http://dx.doi.org/10.1016/j.rbr.2015.11.005>0482-5004/© 2016 Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob a licença de CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Effects of plantar foot sensitivity manipulation on postural control of young adult and elderly

A B S T R A C T

Keywords:

Postural control
Balance
Center of pressure
Stability
Aging

Introduction: Subjects with sensorial losses present balance deficits. Although such condition is often observed among elderly, there is discussion concerning the dependence on sensorial information for body sway control in the elderly without sensorial losses.

Purpose: We investigated the effects of foot sensitivity manipulation on postural control during upright standing in young adults and independent elderly (n = 19/group).

Methods: Plantar sensitivity was evaluated by esthesiometry, and speed of center of pressure shift data during upright posture were evaluated for each foot using a baropodometer while the subjects were standing with eyes open or closed. The young adult group was evaluated for pressure center in normal conditions and after plantar sensitivity disturbance, by immersing their feet in water and ice.

Results: Young adults did not show alterations in their center of pressure after sensorial perturbation and presented, even under sensorial perturbation, better postural control than elderly subjects. The elderly showed lower foot sensitivity and greater center of pressure oscillation than young adults.

Conclusion: Elderly subjects seem to rely more on foot sensitivity for control of body sway than young adults. In the elderly, a clinical intervention to improve foot sensitivity may help in upright posture maintenance.

© 2016 Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introdução

O controle da postura em pé é uma habilidade requerida diariamente e que depende de ajustes neuromusculares constantes para manter o centro de pressão (CoP) dentro dos limites de estabilidade da base de suporte.¹ Tais ajustes são deteriorados pelo aumento da idade.² Uma das razões para esses déficits pode ser a perda da função sensorial ou da capacidade de uso dessa informação sensorial. Quando submetidos a situações nas quais funções proprioceptivas dos pés e tornozelo são prejudicadas, adultos jovens apresentam menor comprimento e área de deslocamento do CoP do que idosos, o que sugere melhor capacidade de compensar as perdas sensoriais.^{3,4}

Billot et al.⁵ sugerem que a sensibilidade plantar não é uma função primordial para o controle postural em adultos, visto que essa informação pode ser compensada por outras vias proprioceptivas, como, por exemplo, a visão ou o sistema vestibular. Entretanto, o controle postural parece estar relacionado com a sensibilidade plantar em idosos, na qual outros sistemas também apresentam déficits em resposta ao aumento da idade, como, por exemplo, perdas na função do sistema vestibular, visão e força muscular.³ Ducic et al.⁶ mostraram que a sensibilidade plantar reduzida relaciona-se com déficits no controle postural em idosos que apresentam neuropatia periférica. Além disso, a sensibilidade plantar contribui para o controle da pressão plantar durante a postura de pé de idosos.⁷ Isso ajuda a explicar o fato de idosos, por vezes, terem maior dependência da visão, sobretudo para o controle da velocidade do CoP, do que adultos jovens.⁸ Contudo, ainda se discute o quanto que esse tipo de informação sensorial proveniente da região plantar contribui para a regulação do controle postural em idosos saudáveis.

Estudos experimentais desenvolveram protocolos que diminuem, temporariamente, a função sensorial de adultos, como, por exemplo, a atividade dos mecanorreceptores, a fim de mimetizar o declínio sensorial do envelhecimento e permitir um comparativo entre esse recurso aferente íntegro com o prejudicado. Uma estratégia que se mostrou válida em alguns estudos é a imersão dos membros inferiores em água e gelo, a fim de reduzir a sensibilidade plantar, a capacidade de discriminação de dois pontos ao toque e a sensibilidade à vibração.⁹

Neste estudo, nosso objetivo foi verificar alterações na posição do CoP sobre cada um dos pés, considerado como um indicador do controle postural em idosos e em adultos jovens em condição sensorial normal e em resposta a perturbação da sensibilidade. Tendo em vista que o envelhecimento pode promover prejuízos heterogêneos nos diferentes componentes sensoriomotores (cognitivos, processamentos sensoriais e perceptuais),¹⁰ nossa hipótese foi que a diminuição de sensibilidade plantar teria impacto diferente para idosos em comparação com os adultos jovens, pois adultos jovens teriam a capacidade de regular satisfatoriamente o CoP, mesmo sob a condição de perturbação nas características sensoriais dos pés.

Material e métodos

Participantes

Trinta e oito participantes convidados da comunidade local foram separados em dois grupos, pareados pela estatura e massa corporal. O grupo de adultos jovens incluiu 19 sujeitos com média (desvio padrão) de 35 (5) anos, estatura de 1,65 (0,08) m e massa corporal de 63 (10) kg. O grupo idoso

foi composto por 19 idosos independentes com média (desvio padrão) de 79 (6) anos, estatura de 1,55 (0,05) m e massa corporal de 68 (9) kg. O grupo de adultos jovens foi avaliado em duas condições, uma pré e uma pós-perturbação sensorial, formaram-se três grupos na análise final: adultos sem perturbação sensorial, adultos pós-perturbação sensorial e idosos. Todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido de acordo com a Declaração de Helsinque e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da instituição local (parecer 082011). Todos os participantes deveriam ter condições físicas para deambular e manter-se de pé sem uso de órtese ou prótese e ter disponibilidade para uma visita ao laboratório a fim de fazer as avaliações e concordar com o termo de consentimento livre e esclarecido. Os critérios de exclusão abrangeram presença de doenças cerebelares, lesões cutâneas plantares, história de lesões traumática em membros inferiores, neuropatias ou inabilidade de fazer as tarefas propostas.

Avaliação da sensibilidade plantar

Antes de iniciar a avaliação da sensibilidade plantar, os participantes tiveram 10 minutos de descanso sentados em uma cadeira. A sensibilidade plantar foi avaliada em um protocolo clínico com estesiômetro de pressão de Semmes-Weinstein (Semmes-Weinstein Monofilaments, San Jose, EUA).^{11,12} O estesiômetro era composto por seis filamentos de nylon de igual comprimento (fig. 1A), com variados diâmetros, que produziam uma pressão padronizada sobre a superfície da pele (considerando seis valores entre 0.05 gf e 300 gf) de acordo com a calibração e recomendação para uso.¹³

Todos os participantes foram avaliados com os olhos vendados, na posição supina, em um ambiente silencioso e livre de distrações. Todos foram avaliados pelo mesmo avaliador. A sensibilidade plantar foi avaliada em nove locais do pé (fig. 1A) em ordem randomizada, assim como o primeiro pé a ser avaliado foi alternado para cada participante. Os participantes relatavam na palma da mão a região onde percebiam o estímulo tátil nos pés. Todas as avaliações foram feitas no mesmo período do dia. A sensibilidade plantar foi determinada pela aplicação de filamentos mais finos aos mais grossos até que o participante pudesse ser capaz de detectar o toque.¹⁴ Os toques eram feitos durante um segundo e em duas repetições de forma que o filamento tomasse a forma de C.

Cada filamento correspondia a uma classificação baseada em suas cores, na qual verde e azul correspondiam à sensibilidade normal; violeta uma dificuldade de discriminação de forma e temperatura; vermelho denotava discreta perda de sensação protetora, vulnerável a lesões; laranja uma leve perda da sensação protetora; rosa significava perda da sensação protetora e nenhuma resposta.

Para determinar a sensibilidade de todo o pé foi feita a soma dos valores de cada região. Assim, quanto maior o escore, menor a sensibilidade plantar.

Avaliação do controle postural

A aquisição de dados para avaliação do CoP foi feita durante a postura de pé, com apoio bipodal, com os pés posicionados

em abdução de 30°,¹⁵ com calcanhares afastados 5 cm e braços relaxados ao longo do tronco, em duas situações: (a) olhando em direção a um ponto fixo disposto quatro metros à frente e na altura dos olhos; (b) com os olhos fechados.³

Para cada condição visual foram feitas três tentativas de 30 s cada, a primeira condição foi alternada entre olhos abertos e fechados a cada participante avaliado. Um intervalo de 30 s entre as tentativas foi feito para todos os participantes. Os dados de CoP foram coletados para cada pé com um baropodômetro (Tekscan Inc., Boston, MA), com taxa de amostragem de 100 Hz. Foram determinadas as seguintes variáveis: velocidade média do CoP (CoPvel), amplitude anteroposterior (CoPap) e mediolateral (CoPml) e considerou-se a área de contato de cada pé com a superfície.

Perturbação da sensibilidade plantar

O protocolo de perturbação da sensibilidade plantar foi aplicado apenas aos participantes adultos jovens e teve o objetivo de simular a diminuição sensorial na região dos pés comum em idosos. O protocolo de perturbação foi conduzido por meio de hipotermia, similar ao usado previamente.^{9,16} Para a geração da perturbação quanto às informações sensoriais na planta dos pés os participantes fizeram o protocolo confortavelmente sentados e mantiveram os pés em imersão em um reservatório com água e gelo, em uma temperatura controlada entre 5 °C e 8 °C, durante 15 minutos.³ Para a avaliação do CoP após a imersão em gelo, os participantes se moveram da posição descrita imediatamente para a posição em pé sobre o baropodômetro.

Análise dos dados

Os dados foram agrupados em média e desvio-padrão para cada grupo. Foi verificada a normalidade dos dados com o teste de Shapiro-Wilk. A sensibilidade plantar foi comparada entre o pé direito e esquerdo de adultos por meio do teste t pareado e em idosos com o teste de Wilcoxon. O teste t independente foi usado para comparação entre os grupos. Para análise de assimetrias e efeito da visão nos dados de CoP, foi usado o teste de Wilcoxon para todos os grupos e condições. A partir das medidas do CoP, os grupos de adultos jovens, adultos jovens pós-perturbação sensorial e idosos foram comparados por meio de análise de variância com *post hoc* de Bonferroni. Todos os testes consideraram um nível de significância de 0,05.

Resultados

O teste de normalidade para sensibilidade evidenciou distribuição paramétrica em adultos para perna direita ($p=0,064$) e esquerda ($p=0,177$). Já em idosos foi observada uma distribuição paramétrica para a perna direita ($p=0,175$) e não paramétrica para a perna esquerda ($p=0,018$). Os dados de sensibilidade foram analisados apenas para o pé direito, visto que não foram encontradas assimetrias nessas observações em adultos jovens [$t_{(18)} = -0,529$; $p=0,603$] e idosos [$Z = -0,393$; $p=0,694$]. Os resultados de sensibilidade plantar demonstraram que adultos apresentaram melhor sensibilidade que

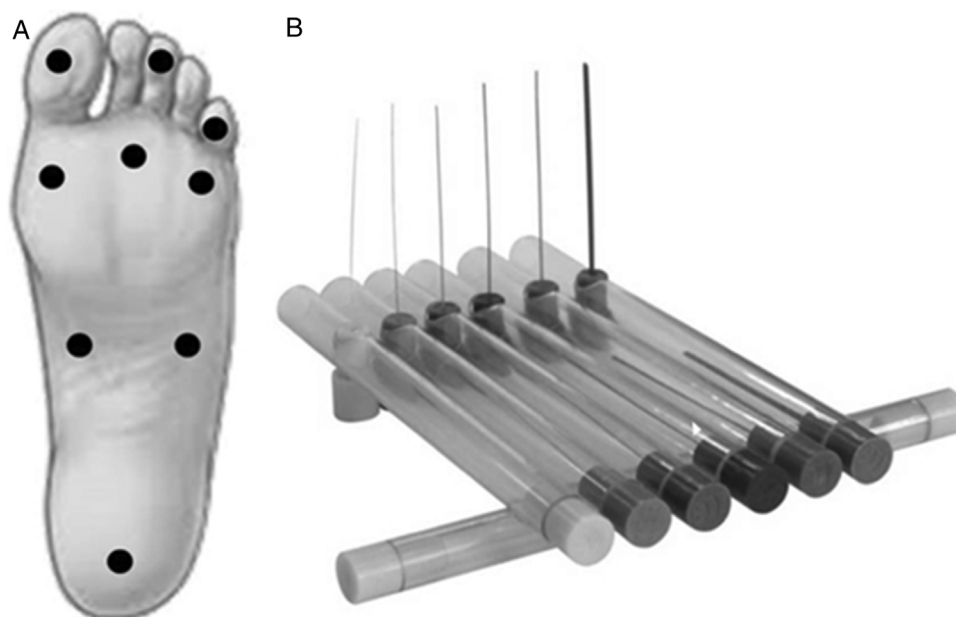


Figura 1 – Ilustração dos pontos onde a sensibilidade plantar foi avaliada e do estesiômetro empregado no estudo.

idosos, para ambos os pés (tabela 1). Quanto à análise do CoP (fig. 2), foi verificado que as condições com olhos abertos e com olhos fechados não alteraram nenhuma variável do CoP, bem como não houve assimetrias (fig. 3). Assim, as comparações posteriores foram feitas com os dados das análises das tentativas com olhos abertos e dados do pé direito.

Na análise da amplitude de deslocamento do CoP não foi observado um efeito de grupo na direção anteroposterior [$F_{(2)} = 2,348$; $p = 0,105$]. Já nas avaliações do deslocamento do CoP na direção mediolateral, um efeito de grupo foi observado [$F_{(2)} = 5,622$; $p = 0,006$]. As análises de *post-hoc* indicaram similaridade entre adultos jovens e adultos jovens após perturbação sensorial ($p = 1,000$). No entanto, idosos apresentaram maior deslocamento mediolateral do CoP do que adultos jovens ($p = 0,017$) e adultos jovens após perturbação sensorial ($p = 0,015$).

Da mesma forma, observamos um efeito do grupo para a velocidade do CoP [$F_{(2)} = 7,587$; $p = 0,001$]. A análise de *post-hoc* indicou que o grupo de adultos jovens após perturbação sensorial não diferiu da condição sem perturbação sensorial ($p = 1,00$). Entretanto, adultos jovens antes da perturbação ($p = 0,006$) e após perturbação da sensibilidade plantar ($p = 0,003$) apresentaram valores menores do que idosos.

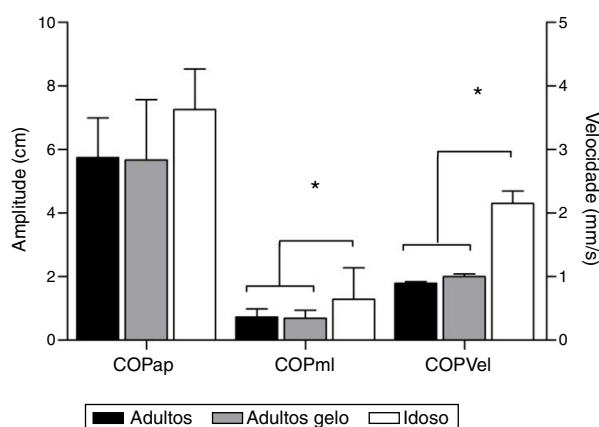


Figura 2 – Valores de amplitude do CoP nos sentidos anteroposterior (COPap) e mediolateral (COPml), em centímetros, no eixo vertical esquerdo, e a velocidade do COP (COPVel) em milímetros por segundo (mm/s) no eixo vertical direito para cada grupo (n=19 por grupo).

* Indica diferença estatisticamente significativa entre os grupos confirmada por análise de variância com *post hoc* de Bonferroni ($p < 0,05$).

Tabela 1 – Escores de sensibilidade plantar (dados expressos em média e desvio-padrão) em cada pé. O somatório de todos os pontos de cada pé representa a sensibilidade do pé inteiro. Maiores valores representam pior sensibilidade

	Adultos jovens		Idosos	
	Pé direito	Pé esquerdo	Pé direito	Pé esquerdo
Média	24,7	25,2	46,2 ^a	46,6 ^a
Desvio-padrão	4,0	5,3	12,1	14,1

^a Diferença estatisticamente significativa entre os grupos verificada pelo teste t pareado ($p < 0,05$).

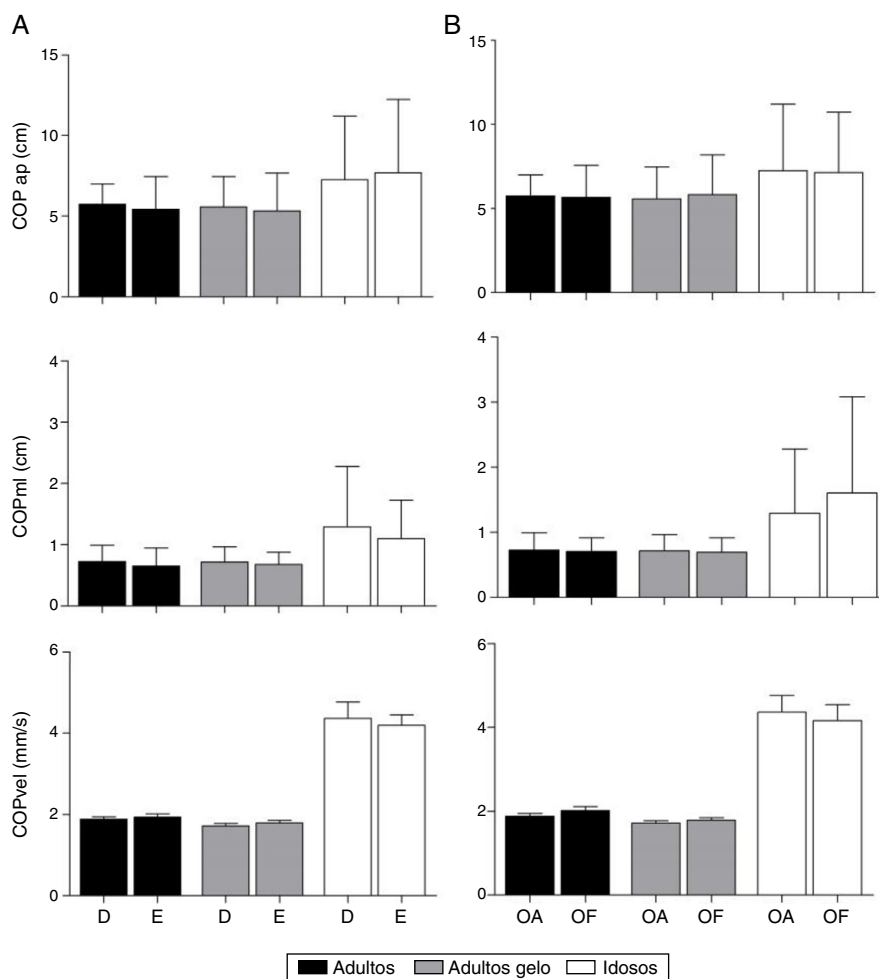


Figura 3 – Média e desvio padrão da amplitude anteroposterior do centro de pressão (COPap), amplitude mediolateral do centro de pressão (COPml) em centímetros e velocidade de deslocamento do centro de pressão (COPvel) para cada grupo (n = 19 por grupo) em milímetros por segundo (mm/s). A coluna da esquerda (coluna A) apresenta valores para ambos os pés, D indica pé direito e E indica pé esquerdo. Na coluna da direita (coluna B) são apresentados valores para condições visuais de olhos abertos (OA) e olhos fechados (OF). Para ambas as análises de comparação entre pé direito e esquerdo foi empregado o teste de Wilcoxon considerando nível de significância de 0,05.

Discussão

Ao procurar simular em adultos jovens a diminuição da sensibilidade plantar que idosos experimentam, fizemos um protocolo de perturbação da sensibilidade plantar em adultos jovens. Embora esse mesmo protocolo de perturbação sensorial tenha gerado alterações na sensibilidade plantar de adultos em um estudo prévio,^{3,9} o impacto dessa perturbação aguda não pode ser considerado igual ao que é experimentado pelos idosos, nos quais esses déficits estão presentes de maneira contínua e progressiva.¹¹ Contudo, essa não é uma limitação particular de nosso estudo, mas de todos que buscam investigar esse tipo de questão. Adicionalmente, as diferenças podem depender também da capacidade dos adultos de usar informações advindas de outras vias aferentes, possivelmente o sistema vestibular, para controle do CoP.¹⁷

Não foram encontradas assimetrias entre os pés na sensibilidade e nem na oscilação do CoP, o que indica que

os participantes avaliados não demonstraram influência de lateralização funcional em uma tarefa simples como é o protocolo proposto. A privação da informação visual e a alteração na sensibilidade plantar não acarretaram mudanças nos padrões de controle postural mensurados em adultos jovens. Apesar disso, alguns achados da literatura indicam que sujeitos de todas as idades dependem da sensibilidade plantar para manter o equilíbrio na postura em pé e o avançar da idade leva ao aumento da oscilação corporal.¹⁸ Ueda et al.³ encontraram aumento no deslocamento do CoP anteroposterior de todo o corpo em idosos em comparação com adultos jovens e nossa avaliação do CoP para cada pé mostrou que a amplitude mediolateral do CoP é maior em idosos do que em adultos, com ou sem perturbação sensorial. Esse resultado é pertinente, uma vez que a medida da amplitude mediolateral é importante para prever o risco de quedas em idosos.¹⁹ Nosso resultado é um indicador de vulnerabilidade a quedas em idosos com sensibilidade plantar comprometida. O mesmo aconteceu com a velocidade do CoP, que se manteve maior em idosos

do que em adultos jovens antes e depois da perturbação sensorial. Isso significa pior desempenho no controle da postura de pé. Essa variável é descrita por Hewson et al.²⁰ como útil na classificação de idosos com e sem risco de quedas. Mais uma vez, encontramos uma variável que pode indicar a influência negativa da redução da sensibilidade sobre a estabilidade de idosos.

Nossos resultados corroboram os achados de um estudo recente²¹ que também não encontrou aumento nos deslocamentos do CoP quando a informação visual não estava disponível ou perturbação da sensibilidade dos pés de adultos.²² Esse estudo recente demonstrou que o resfriamento da planta do pé não altera o controle do equilíbrio mesmo quando a visão está ou não disponível. Em nosso estudo, mesmo quando a informação visual estava indisponível e perturbamos a informação sensorial da planta do pé, os adultos jovens continuaram tendo melhor controle postural do que idosos. Isso pode ser explicado pela possibilidade de em adultos a diminuição da temperatura da região plantar induzir um reajuste no uso da informação sensorial na busca da preservação do controle postural frente aos déficits experimentados e dar especial atenção a outras vias aferentes, como a informação vestibular.²¹

Yasuda et al.¹⁷ destacam que o principal mecanismo que contribui para o controle da postura ortostática é o sistema labiríntico. Sabendo que esse sistema apresenta-se prejudicado com o avanço da idade,²³ pode-se inferir que adultos obtenham melhores valores de controle postural do que idosos porque, mesmo com a privação da visão e com perturbação da sensibilidade plantar, mantinham um sistema de ajuste corporal em melhores condições. Por outro lado, sabendo que problemas vestibulares são uma das mais frequentes causas de tonturas e desequilíbrios em idosos²⁴ e considerando que a perda da sensibilidade plantar de idosos tem relação com a maior oscilação do CoP, pode-se sugerir que intervenções que busquem manter ou reduzir perdas na sensibilidade plantar podem auxiliar na manutenção do equilíbrio postural ao compensar distúrbios no CoP sob o efeito agudo da perturbação. Não avaliamos a sensibilidade pós-hipotermia, pois estudos demonstram que o efeito da imersão dos pés em água e gelo sobre o controle postural pode ser compensado pouco tempo após o fim da imersão.⁹ Avaliar a sensibilidade após a imersão em água e gelo poderia requerer um tempo que anularia os efeitos de alteração sensorial que buscávamos. Por outro lado, existem outros estudos que indicam que esse tipo de protocolo é eficaz na perturbação da sensibilidade plantar.^{12,25} Consideramos em nosso estudo a medida do CoP em cada um dos pés, pois a medida da sensibilidade plantar é feita em cada um dos pés. Embora essa não possa ser uma limitação em nossa discussão, nosso procedimento ainda deixa espaço para uma investigação que também monitore o deslocamento do centro de gravidade e permita uma visão mais geral da estabilidade postural em resposta a perturbações na sensibilidade plantar.

Conclusão

Idosos e adultos jovens diferem em relação à dependência da sensibilidade plantar para a manutenção da postura de pé com base em medidas do CoP. A informação sensorial da planta

dos pés parece mais importante para idosos. É possível que intervenções clínicas que melhorem a sensibilidade plantar de idosos possam contribuir para melhorar o controle da postura ortostática.

Financiamento

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (Fapergs), processo 1013100.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

REFERÊNCIAS

1. Winter D. *Biomechanics and motor control of human movement*. 4th ed. John Wiley & Sons; 1990. p. 370.
2. Freitas SM, Wieczorek SA, Marchetti PH, Duarte M. Age-related changes in human postural control of prolonged standing. *Gait Posture*. 2005;22(4):322–30.
3. Ueda LS, Carpes FP. Relação entre sensibilidade plantar e controle postural em jovens e idosos. *Rev. Bras. Cineantropom. Desempenho Hum*. 2013;15(2):215–24.
4. Schlee G, Sterzing T, Milani TL. Foot sole skin temperature affects plantar foot sensitivity. *Clin Neurophysiol*. 2009;120(8):1548–611.
5. Billot M, Handrigan GA, Simoneau M, Corbeil P, Teasdale N. Short term alteration of balance control after a reduction of plantar mechanoreceptor sensation through cooling. *Neurosci Lett*. 2013;535:40–4.
6. Ducic I, Short KW, Dellon AL. Relationship between loss of pedal sensibility, balance, and falls in patients with peripheral neuropathy. *Ann Plast Surg*. 2004;52(6):535–610.
7. Zhang S, Li L. The differential effects of foot sole sensory on plantar pressure distribution between balance and gait. *Gait Posture*. 2013;37(4):532–7.
8. Prieto TE, Myklebust JB, Hoffmann RG, Lovett EG, Myklebust BM. Measures of postural steadiness: differences between healthy young and elderly adults. *IEEE Trans Biomed Eng*. 1996;43(9):956–66.
9. Stal F, Fransson PA, Magnusson M, Karlberg M. Effects of hypothermic anesthesia of the feet on vibration-induced body sway and adaptation. *J Vestib Res*. 2003;13(1):39–41.
10. Anguera JA, Gazzaley A. Dissociation of motor and sensory inhibition processes in normal aging. *Clin Neurophysiol*. 2012;123(4):730–40.
11. Perry SD. Evaluation of age-related plantar-surface insensitivity and onset age of advanced insensitivity in older adults using vibratory and touch sensation tests. *Neurosci Lett*. 2006;392(1–2):62–7.
12. Patel M. Foam posturography: standing on foam is not equivalent to standing with decreased rapidly adapting mechanoreceptive sensation. *Exp Brain Res*. 2011;208(4):519–25.
13. Holewski JJ, Stess RM, Graf PM, Grunfeld C. Aesthesiometry: quantification of cutaneous pressure sensation in diabetic peripheral neuropathy. *J Rehabil Res Dev*. 1988;25(2):1–10.
14. Feng Y, Schlosser FJ, Sumpio BE. The Semmes Weinstein monofilament examination as a screening tool for diabetic peripheral neuropathy. *J Vasc Surg*. 2009;50(3):675–82.
15. Azzi NM, Coelho DB, Teixeira LA. Efeito da posição dos pés na recuperação do equilíbrio após perturbação. *Anais do V SNA*. 2014;1:88–93.

16. Kunzler MR, Lopes LM, Ueda LS, de Britto MA, Carpes FP. Does skin stimulation compensate impairments in postural control after ankle plantar flexors fatigue? *Gait Posture*. 2013;37(4):611–5.
17. Yasuda T, Nakagawa T, Inoue H, Iwamoto M, Inokuchi A. The role of the labyrinth, proprioception and plantar mechanosensors in the maintenance of an upright posture. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 1999;256(1):27–32.
18. Lord SR, Ward JA. Age-associated differences in sensori-motor function and balance in community dwelling women. *Age Ageing*. 1994;23(6):452–60.
19. Brauer S, Burns Y, Galley P. Lateral reach: a clinical measure of medio-lateral postural stability. *Physiother Res Int*. 1999;4(2):81–8.
20. Hewson DJ, Singh NK, Snoussi H, Duchene J. Classification of elderly as fallers and non-fallers using Centre of Pressure velocity. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2010;2010:3678–81.
21. Billot M, Handrigan GA, Simoneau M, Teasdale N. Reduced plantar sole sensitivity induces balance control modifications to compensate ankle tendon vibration and vision deprivation. *Physiother Res Int*. 2014;25(1):155–60.
22. Hafstrom A, Fransson PA, Karlberg M, Ledin T, Magnusson M. Visual influence on postural control, with and without visual motion feedback. *Acta Otolaryngol*. 2002;122(4):392–9.
23. Matheson AJ, Darlington CL, Smith PF. Dizziness in the elderly and age-related degeneration of the vestibular system. *NZ J Psychol*. 1999;28(1):10–6.
24. Iwasaki S, Yamasoba T. Dizziness and Imbalance in the Elderly: Age-related Decline in the Vestibular System. *Aging Disease*. 2015;6(1):38–47.
25. Douglas M, Bivens S, Pesterfield J, Clemson N, Castle W, Sole G, et al. Immediate effects of cryotherapy on static and dynamic balance. *Int J Sports Phys Ther*. 2013;8(1):9–14.