

Artigo Original

ADULTOS FISICAMENTE ATIVOS PODEM CONTROLAR SEU EQUILÍBRIO MESMO EM SUPRESSÃO VISUAL

PHYSICALLY ACTIVE ADULTS CAN CONTROL THEIR
POSTURAL BALANCE EVEN IN VISUAL DEPRIVATION

Silveira MC, Pivetta FM, Mota CB. Adultos fisicamente ativos podem controlar seu equilíbrio mesmo em supressão visual. R. Perspect. Ci. e Saúde 2017;2(2): 04-12.

Resumo: O objetivo do estudo foi determinar se adultos ativos modificam a dinâmica de controle do equilíbrio postural em supressão visual. Doze adultos fisicamente ativos, praticantes recreativos de esportes, participaram voluntariamente do estudo. O equilíbrio foi analisado por sete câmeras de infravermelho e trinta e nove marcadores reflexivos fixados em cada indivíduo (VICON Motion System, UK). A partir da marcação utilizada, a posição do centro de massa foi calculada para avaliar o controle do equilíbrio postural. As variáveis analisadas foram: distância anteroposterior mínima e média do centro de massa até os limites da base de suporte (marcadores fixados nos dedos e calcanhares dos dois pés). Os resultados mostram que a supressão visual não modificou a movimentação do centro de massa (nem média nem mínima) em relação à base de suporte nos adultos deste estudo e, com isso, não altera a manutenção estável da postura dos mesmos. O comportamento da postura dos participantes permaneceu o mesmo entre condições visuais ($r > 80\%$). Concluímos que adultos fisicamente ativos mantêm o controle do seu equilíbrio postural mesmo em supressão visual. Possivelmente eles possuem um sistema neuromuscular eficiente, consequência da prática esportiva, que auxilia no controle da postura ou recorrem a informações de outros sistemas sensoriais (vestibular e somatossensorial) para evitar quedas em situações pouco desafiadoras.

Palavras-chave: equilíbrio postural, visão, aptidão física, esportes.

Abstract: This study aimed to determine if physically active adults modify their dynamics of postural balance control in visual deprivation condition. Twelve physically active adults, recreational practitioners of sports, participated voluntarily of the study. Postural balance was assessed by seven infrared cameras and thirty nine reflective markers attached on each individual (VICON Motion System, UK). The marker set configuration allowed calculations of the center of mass positions to assess postural balance control. The following variables were analyzed: mean and minimum anteroposterior distances from de center of mass until the limits of the base of support (markers attached at toes and heels by both feet). The results showed that visual deprivation did not modified the center of mass displacements (neither mean nor minimum) in relation to the base of support in the adults of this study and, thus, did not change their maintenance of a stable posture. Postural behavior of all subjects remained the same between visual conditions ($r > 80\%$). We conclude that physically active adults maintain their postural

Contato: mm.biomec@gmail.com

Mateus Corrêa Silveira¹

Franciele Marques
Pivetta²

Carlos Bolli Mota²

¹ Faculdade Metodista de
Santa Maria - FAMES

² Universidade Federal de
Santa Maria - UFSM

Recebido: 04/07/2017

Aceito: 1º/08/2017

balance control even in visual deprivation. Possibly they have an efficient neuromuscular system, consequence of their sports practice, which assists in postural control or they seek information in other sensorial systems (vestibular e somatossensorial) to avoid falls during no challenging situations.

Keywords: postural balance, vision, physical fitness, sports.

Introdução

O equilíbrio postural é uma qualidade física necessária em vários movimentos corporais do ser humano. Para manter o controle do equilíbrio, a dinâmica corporal adotada pelo indivíduo é fundamental para evitar quedas. A tarefa de manter o equilíbrio estático consiste em controlar o movimento da projeção do centro de massa (CM) no solo dentro dos limites da base de suporte (BS)¹. Esse controle deve ser executado sem que aconteçam flutuações extremas na velocidade do CM, pois estas oscilações em velocidades elevadas aumentam o risco de acontecimento de quedas na ausência de ações posturais efetivas de correção²⁻⁴.

Dentre os sistemas sensoriais que contribuem para o controle do equilíbrio, o sistema visual é frequentemente relatado como sendo importante em avaliações da postura^{5, 6}. Estudos sugerem que a privação visual durante o equilíbrio estático aumenta a oscilação corporal^{6, 7} e a ativação eletromiográfica⁸ para ajustes compensatórios, o que sugere maior instabilidade. Em tarefas dinâmicas, a visão também possui papel crítico na orientação da locomoção e na manutenção da caminhada estável dos indivíduos⁹. No entanto, estudos recentes identificaram que adultos jovens são capazes de executarem tarefas dinâmicas mais desafiadoras, como caminhar em condições visuais desfavoráveis¹⁰ ou em supressão visual¹¹, apresentando uma marcha estável. Isto, provavelmente, ocorre pelo fato de que os indivíduos apenas respondem a uma perturbação sensorial quando interpretam que esta perturbação representa uma situação perigosa e desafiadora¹². Portanto, é possível que adultos não modifiquem suas respostas motoras após perturbações sensoriais em tarefas simples, como a capacidade de manter o equilíbrio estático, simplesmente recorrendo a estímulos provenientes de outros sistemas sensoriais.

Adicionalmente, o nível de aptidão física ou habilidade motora pode ser um fator importante no controle do equilíbrio. Autores sugerem que quanto maior é o nível de atividade física, menor a dependência da visão para a manutenção do equilíbrio postural¹³⁻¹⁵. No entanto, essa informação não apresenta consenso na literatura, com atletas de alto nível apresentando por vezes pior controle do seu equilíbrio^{16, 17}. Com isso, a importância da informação visual para manutenção da estabilidade em tarefas menos desafiadoras, como o

equilíbrio estático, torna-se questionável em adultos com maiores níveis de atividade física. Investigar a importância desse sistema sensorial no controle da postura pode trazer também respostas sobre a necessidade de avaliar o equilíbrio de adultos em diferentes condições visuais. Portanto, o objetivo do estudo foi determinar se adultos fisicamente ativos modificam o controle do seu equilíbrio postural em condição de supressão visual. A hipótese inicial é de que adultos ativos mantêm seu equilíbrio mesmo em condição desfavorável da visão, sem mudanças significativas na dinâmica de movimento do seu centro de massa.

Materiais e Métodos

Desenho experimental

Este estudo apresentou delineamento transversal. Os participantes se dirigiram até o laboratório, onde todas as avaliações foram realizadas em dia único. Todos responderam questionários pertinentes à sua prática esportiva (modalidade, frequência e anos de prática, prática de exercícios físicos adicionais) e, logo após, realizaram a avaliação do seu equilíbrio.

Participantes

Adultos jovens do sexo masculino ($n = 12$, idade: $21,90 \pm 2,13$ anos; massa corporal: $81,54 \pm 11,17$ kg; estatura: $1,83 \pm 0,08$ m) participaram voluntariamente do estudo. Os participantes eram ativos e praticantes recreativos de alguma modalidade esportiva (ciclismo, futebol, futebol de salão, voleibol, handebol – média 3,2 vezes/semana). Nenhum apresentava problemas neuromusculares ou musculoesqueléticos que pudessem comprometer a tarefa de controle do equilíbrio. Após receberem esclarecimento sobre os procedimentos de coleta, cada indivíduo assinou um termo consentido participar do estudo, previamente aprovado por um Comitê de Ética em Pesquisa (protocolo nº 0049.0.243.000-10).

Procedimentos e coleta de dados do equilíbrio postural

Cada participante foi instruído a permanecer em pé durante 30 segundos, o mais estático possível em posição ortostática, em seis tentativas para verificação dos dados de equilíbrio. Nas três primeiras tentativas o participante manteve o controle do equilíbrio com seus olhos abertos (OA), foco visual em um círculo de 8,0 cm de diâmetro localizado em uma parede a uma distância de 3,4 m do sujeito. Nas três tentativas seguintes o indivíduo repetiu as recomendações, porém com os olhos fechados (OF). A base de suporte foi mantida entre

tentativas desenhando os pés afastados na largura do quadril em um papel colocado no solo antes da primeira tentativa.

O equilíbrio foi analisado apenas no plano sagital (devido à oscilação mais representativa nesta direção¹⁶) através do sistema VICON de cinemetria (*VICON Motion System, UK*), composto por sete câmeras de infravermelho operando em frequência de 100 Hz. Trinta e nove marcadores reflexivos (14 mm de diâmetro) foram fixados em pontos anatômicos de cada indivíduo nos segmentos da cabeça, tronco e bilateralmente nos membros superiores e inferiores (modelo *Plug-In-Gait Fullbody UPA & FRM*). A partir da marcação utilizada, a posição do CM foi calculada, permitindo avaliar o controle do equilíbrio postural através de variáveis descrevendo a relação entre os movimentos do CM e os limites da BS. As variáveis analisadas foram: distância anteroposterior (AP) mínima e média do CM até os limites da BS. A BS anterior (BS_A) foi calculada a partir da média das coordenadas AP dos marcadores anexados no 2º metatarso dos dois pés. A BS posterior (BS_P) foi obtida através da média das coordenadas AP dos marcadores anexados no tornozelo dos dois pés (Figura 1). Todos os dados cinemáticos passaram por um filtro Butterworth passa-baixas de 4ª ordem, zero-lag, com frequência de corte de 5 Hz. Maiores valores destas variáveis representam um maior controle do equilíbrio e um menor risco de queda.

Análise estatística

Para a análise dos dados, um valor médio de cada variável foi obtido por tentativa de equilíbrio. Logo após, uma média de cada uma das variáveis foi realizada para cada condição visual. Após confirmar a normalidade dos dados a partir do teste de Shapiro-Wilk, as variáveis foram comparadas entre as condições visuais (OA x OF) com testes t para amostras pareadas. Uma correlação de Pearson verificou ainda a associação de medidas dos sujeitos entre as diferentes condições visuais. Foram considerados significativos valores de p menores que 0,05.

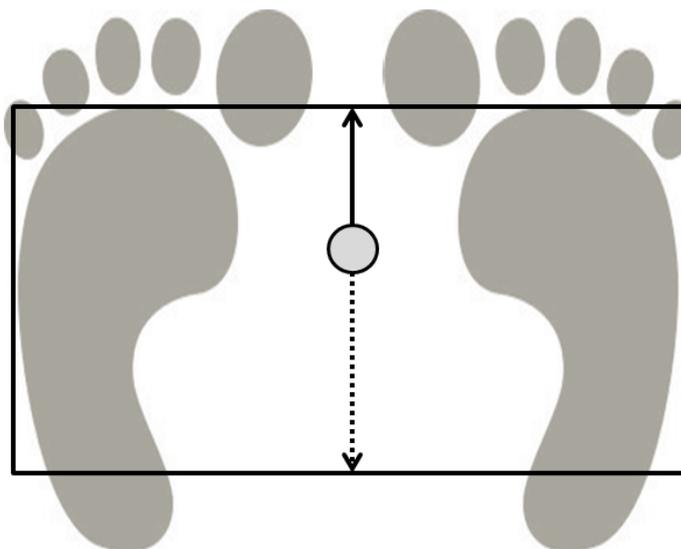


Figura1. Centro de massa (círculo central entre os pés) e sua distância até os limites anterior (seta contínua) e posterior (seta pontilhada) da base de suporte.

Resultados

Os resultados indicam que não houve diferença significativa no controle do equilíbrio entre as condições de visão (Tabela 1). A distância média entre o CM e a BS reforça que a supressão visual não implicou em mudanças visíveis no controle do CM para os adultos estudados. A correlação elevada entre medidas (> 80%) indica que houve uma tendência de todos os sujeitos apresentarem o mesmo comportamento entre as condições visuais (pequena variação).

Tabela 1. Distância entre o centro de massa (CM) e os limites anterior (BS_A) e posterior (BS_P) da base de suporte e valor da correlação de Pearson (r) das variáveis entre as condições de coleta. Valores em média e desvio-padrão (DP).

	OA		OF		r
	Média	DP	Média	DP	
$BS_A - CM$ mínimo (mm)	52	11	51	15	0,81*
$CM - BS_P$ mínimo (mm)	100	10	101	13	0,81*
$BS_A - CM$ médio (mm)	59	10	59	15	0,81*
$CM - BS_P$ médio (mm)	108	9	108	13	0,80*

Legenda: OA = olhos abertos; OF = olhos fechados; *valor estatisticamente significativo.

Discussão

O presente estudo teve como objetivo avaliar a importância do sistema visual no controle do equilíbrio estático de adultos ativos. Os resultados sugerem que a supressão visual não acarreta mudança na movimentação do CM relativo à BS para estes adultos e, com isso, não altera a manutenção estável da postura dos mesmos. Nossos resultados podem servir

como base para futuros estudos que objetivem analisar a postura estática de adultos praticantes regulares de exercícios físicos, sugerindo a avaliar se realmente há a necessidade de incluir testes com supressão visual, uma vez que esta perturbação não parece ser desafiadora para o presente público.

A hipótese inicial de que a supressão visual não iria modificar a dinâmica de controle postural foi confirmada nos adultos deste estudo. O controle do equilíbrio é realizado a partir da integração das informações sensoriais, provenientes do sistema visual, vestibular e somatossensorial^{1, 18}. As informações destes sistemas são enviadas até o sistema nervoso central, onde são integradas e interpretadas, para ativar os grupos musculares adequados e controlar corretamente o equilíbrio¹. Palmieri et al.¹⁸ expõem em sua revisão que estudos têm procurado analisar como cada sistema reage durante as constantes perturbações ao equilíbrio. Em análises do espectro da frequência do equilíbrio, a revisão indica que o sistema somatossensorial atua em frequências mais elevadas quando comparado aos demais sistemas sensoriais. Isto implicaria em respostas mais aguçadas e uma maior dependência acima das informações fornecidas por este sistema. Assim, possivelmente em tarefas menos desafiadoras o controle do equilíbrio pode não recair sobre as informações do sistema visual. Em adultos ativos, é possível ainda que o controle seja ainda menos dependente da visão devido ao fato do seu sistema neuromuscular apresentar ajustes mais velozes e apurados para o controle da postura quando necessário^{14, 15}.

O efeito insuficiente da supressão visual no controle do equilíbrio de adultos esportistas indica segurança para manutenção estável nesta tarefa. Autores já investigaram o efeito da prática de diferentes modalidades no controle do equilíbrio e, além de verificarem melhor desempenho do equilíbrio^{13, 14}, apresentaram melhor desempenho em testes da visão com perturbações visuais¹⁵. Com isso, é possível que indivíduos treinados alterem a dominância sensorial da visão para informações provenientes da propriocepção^{14, 15}, uma vez que seu sistema neuromuscular apresenta aguçada capacidade de resposta motora. Diferente de estudos que visaram modalidades específicas, nosso estudo aponta que a prática de diferentes modalidades esportivas, em três dias por semana, é suficiente para tornar adultos aptos a controlarem de maneira eficaz o seu equilíbrio em supressão da visão. Mais estudos são necessários para verificar se menores frequências de prática semanal não seriam insuficientes para observar os mesmos resultados.

Sabe-se que a análise da relação entre o movimento da projeção do CM no solo e a BS é fundamental. No entanto, o centro de pressão (CP) é uma variável determinante no controle

do equilíbrio¹⁸. Ao modelar o corpo humano como um pêndulo invertido, o CP exerce o papel protagonista em gerar torques responsáveis em torno da articulação do tornozelo para manter a projeção do CM no solo dentro dos limites da BS¹⁻³. Estudos experimentais já exploraram a relação entre CM e CP avaliando a instabilidade provocada por movimentos voluntários de oscilação¹⁹ ou após perturbações²⁰. Estas pesquisas apresentam evidências que variáveis relacionando o CP e o CM indicam a necessidade de respostas para a correção estável da postura. Como o CP tem limite de atuação na área em que o sujeito está apoiado, as informações cinemáticas da BS também são comumente utilizadas na descrição do controle da estabilidade durante o equilíbrio estático²⁰ e a marcha^{10, 21}. Como o controle do CP é uma resposta neuromuscular a oscilação do CM²², provavelmente o sistema neuromuscular eficiente de adultos ativos possibilita um controle do equilíbrio apurado independente da condição visual em que estão submetidos.

O presente estudo possui como limitação principal a descrição do risco de queda. Como o CP não foi analisado, a relação entre o controle do equilíbrio e a possibilidade de queda após a supressão visual não deve ser generalizada. Adicionalmente, a avaliação de variáveis do equilíbrio importantes para manter o equilíbrio estático e que talvez possuam relação com a queda, como a velocidade do CM, não foi realizada neste estudo. No entanto, em conhecimento dos autores a literatura não apresenta consenso do risco real de queda a partir de avaliações de variáveis do equilíbrio postural estático até a presente data. Sendo assim, acreditamos que a ausência de diferença significativa nas variáveis analisadas dá indício de que adultos possuem controle seguro do seu equilíbrio estático mesmo após suprimir a visão. Por fim, como resultados anteriores indicam que a supressão visual pode causar diferenças entre o equilíbrio de esportistas de elite em relação a atletas usuais^{16, 17}, sugerimos precaução ao extrapolar as conclusões deste estudo, pois a dependência da visão em determinados grupos pode representar risco de queda.

Conclusão

Portanto, concluímos que adultos fisicamente ativos mantêm a dinâmica de controle do seu equilíbrio postural mesmo em supressão visual. A ausência de mudanças no comportamento das variáveis de equilíbrio, nem na relação entre o movimento do centro de massa e a base de suporte, sugere que estes adultos podem não possuir dependência significativa da visão. Com isso, os resultados sugerem que adultos praticantes de exercícios físicos possivelmente possuem um sistema neuromuscular eficiente, consequência da prática

esportiva, que auxilia no controle da postura ou recorrem a informações de outros sistemas sensoriais (vestibular e somatossensorial) para manter o equilíbrio em situações pouco desafiadoras.

Referências

1. Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture*. 1995;3(4):193-214.
2. Pai Y-C, Patton J. Center of mass velocity-position predictions for balance control. *J Biomech*. 1997;30(4):347-54.
3. Hof AL, Gazendam MGJ, Sinke WE. The condition for dynamic stability. *J Biomech*. 2005;38(1):1-8.
4. Hof AL. The equations of motion for a standing human reveal three mechanisms for balance. *J Biomech*. 2007;40(2):451-7.
5. Mochizuki L, Amadio AC. As informações sensoriais para o controle postural. *Fisioter Mov*. 2006;19(2):11-8.
6. Isableu B, Ohlmann T, Crémieux J, Amblard B. Selection of spatial frame of reference and postural control variability. *Exp Brain Res*. 1997;114(3):584-9.
7. Hallemans A, Beccu S, Van Loock K, Ortibus E, Truijen S, Aerts P. Visual deprivation leads to gait adaptations that are age- and context-specific: I. Step-time parameters. *Gait Posture*. 2009;30(1):55-9.
8. Mochizuki L, Cosme RG, Amadio AC. Coordenação motora e Controle postural por meio de análise multivariada. *Motriz rev educ fís*. 2006;12(1):65-72.
9. Patla AE. Understanding the roles of vision in the control of human locomotion. *Gait Posture*. 1997;5(1):54-69.
10. Silveira MC, Lemos LFC, Pranke GI, Mota CB. Gait stability in young adults under different visual conditions: a pilot study. *Rev bras cineantropom desempenho hum*. 2015;17(1):104-11.
11. Périco BC, Mauerberg-deCastro E, Pestana MB, Porto LA, Magre FL, Pacheco SCM. Estabilidade locomotora durante a condução de um cão. *Motriz rev educ fís*. 2013;19:57-67.
12. Terry K, Sinitski EH, Dingwell JB, Wilken JM. Amplitude effects of medio-lateral mechanical and visual perturbations on gait. *J Biomech*. 2012;45(11):1979-86.
13. Yoshitomi SK, Tanaka C, Duarte M, Lima F, Morya E, Hazime F. Respostas posturais à perturbação externa inesperada em judocas de diferentes níveis de habilidade. *Rev bras med esporte*. 2006;12:159-63.
14. Perrin P, Schneider D, Deviterne D, Perrot C, Constantinescu L. Training improves the adaptation to changing visual conditions in maintaining human posture control in a test of sinusoidal oscillation of the support. *Neurosci Lett*. 1998;245(3):155-8.
15. Golomer E, Crémieux J, Dupui P, Isableu B, Ohlmann T. Visual contribution to self-induced body sway frequencies and visual perception of male professional dancers. *Neurosci Lett*. 1999;267(3):189-92.
16. Paillard T, Costes-Salon C, Lafont C, Dupui P. Are there differences in postural regulation according to the level of competition in judoists? *Brit J Sport Med*. 2002;36(4):304-5.
17. Lemos LFC, Silveira MC, David ACd, Teixeira CS, Mota CB. Comparação R. *Perspect. Ci. e Saúde* 2017;2(2):04-12.

do equilíbrio postural de mulheres fisicamente ativas e canoístas profissionais. *Rev Bras Ciênc Mov.* 2012;20(3):100-4.

18. Palmieri R, Ingersoll C, Stone M, Krause B. Center-of-pressure parameters used in the assessment of postural control. *J Sport Rehabil.* 2002;11(1):51-66.

19. Haddad JM, Gagnon JL, Hasson CJ, Van Emmerik RE, Hamill J. Evaluation of time-to-contact measures for assessing postural stability. *J Appl Biomech.* 2006;22(2):155-61.

20. Hasson CJ, Van Emmerik REA, Caldwell GE. Predicting dynamic postural instability using center of mass time-to-contact information. *J Biomech.* 2008;41(10):2121-9.

21. Lugade V, Lin V, Chou L-S. Center of mass and base of support interaction during gait. *Gait Posture.* 2011;33(3):406-11.

22. Mochizuki L, Amadio AC. Aspectos biomecânicos da postura ereta: a relação entre o centro de massa e o centro de pressão. *Rev Port Cien Desp.* 2003;3(3):77-83.