

ANÁLISE BIOMECÂNICA DO EQUILÍBRIO DO IDOSO

BIOMECHANICAL ANALYSIS OF EQUILIBRIUM IN THE ELDERLY

ANDRÉ CRUZ, ELISABETE MARIA DE OLIVEIRA, SEBASTIÃO IBERES LOPES MELO

RESUMO

Objetivo: Analisar as características biomecânicas do equilíbrio dos idosos, com base na oscilação do centro de pressão em cinco posições de colocação dos pés, com olhos abertos e fechados. Participaram da amostra vinte idosos sendo que para aquisição dos dados utilizou-se a plataforma de força extensométrica AMTI® OR6-5, com frequência de 100Hz durante 60s. **Métodos:** Processou-se a filtragem dos dados com FFT Butterworth de 4ª ordem e passa baixa de 20 Hz e aplicou-se os testes estatísticos de Kruskal Wallis e de Mann Whitney. **Resultados:** As situações que apresentaram menor estabilidade foram as posições com os olhos fechados e as posições com polígono de sustentação reduzido e as que apresentaram maior estabilidade foram a posição com pés afastados a 10cm e angulados a 45° a posição livre e a posição com pés paralelos e afastados a 10cm todas com olhos abertos. **Conclusão:** O feedback visual contribuiu no controle postural.

Descritores: Equilíbrio. Idoso. Biomecânica.

ABSTRACT

Objective: To analyze the biomechanical characteristics of balance in elderly people, based on pressure center oscillation in five foot positions, carried out with open and closed eyes. The sample was made up of 20 elderly people. Data were collected using a force platform (AMTI® OR6-5) adjusted to the frequency of 100Hz over 60 seconds. **Methods:** Data were filtered using a 4th order Butterworth filter and FFT (Fast Fourier Transform) as well as a 20 Hz low pass filter. The Kruskal-Wallis and Mann Whitney statistical tests were applied. **Results:** The cases with the least stability were the positions with eyes closed and those with a reduced sustentation polygon. The positions that presented the greatest stability were the feet 10cm apart at an angle of 45°, a free standing position, and that with feet parallel and 10cm apart, all with the eyes open. **Conclusion:** Visual feedback contributed to posture control.

Keywords: Balance. Elderly. Biomechanics.

Citação: Cruz A, Oliveira EM, Melo SIL. Análise biomecânica do equilíbrio do idoso. *Acta Ortop Bras.* [online]. 2010; 18(2):96-9. Disponível em URL: <http://www.scielo.br/aob>

Citation: Cruz A, Oliveira EM, Melo SIL. Biomechanical analysis of equilibrium in the elderly. *Acta Ortop Bras.* [online]. 2010; 18(2):96-9. Available from URL: <http://www.scielo.br/aob>

INTRODUÇÃO

O corpo humano pode ser definido como um complexo sistema de segmentos articulados em equilíbrio estático ou dinâmico, onde o movimento é causado por forças internas atuando fora do eixo articular, provocando deslocamentos angulares dos segmentos e por forças externas ao corpo.¹

Também se caracteriza como uma estrutura instável, no formato de um pêndulo que se equilibra numa base muito pequena,² sendo que esta configuração nos leva à necessidade de uma correção ativa.² Deste modo, ao adotar a postura ereta bípede, temos sido desafiados pela força de gravidade para manter o equilíbrio do corpo sobre uma pequena área de suporte delimitada pelos pés.³

Contudo o controle do equilíbrio depende de três sistemas perceptivos: o vestibular, o proprioceptivo e o visual.⁴ O primeiro é responsável pelas acelerações e desacelerações angulares rápidas, sendo, assim, o mais importante para a manutenção da postura ereta; o proprioceptivo permite a percepção do corpo e membros no espaço em relação de reciprocidade; e o visual oferece referên-

cia para a verticalidade, por possuir duas fontes complementares de informações: a visão, que situa o indivíduo no seu ambiente através de coordenadas retineanas, e a motricidade ocular, que situa o olho na órbita através da coordenação cefálica.⁴

O equilíbrio depende não apenas da integridade desses sistemas, mas também da integração sensorial dentro do sistema nervosa central, que envolve a percepção visual e espacial, tônus muscular efetivo, que se adapte rapidamente a alterações, força muscular e flexibilidade articular.⁴ A organização sensorial consiste na capacidade do SNC em selecionar, suprir e combinar os estímulos vestibulares, visuais e proprioceptivos.⁴

Com o avanço da idade estas habilidades de controle postural são alteradas, as quais propiciam déficits nestes ajustes. Estas alterações resultam de um decréscimo na velocidade de condução das informações, bem como no processamento de respostas, que por serem lentas e inadequadas, geram situações de instabilidades aumentando a predisposição à quedas.⁵ Afinal, o envelhecimento não é somente uma passagem pelo tempo, mais do que isto, é o acúmulo de eventos biológicos que ocorrem ao longo do tempo.⁶

Todos os autores declaram não haver nenhum potencial conflito de interesses referente a este artigo.

Departamento de Educação Física do Centro de Educação Física, Fisioterapia e Desporto – CEFID da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Trabalho desenvolvido no Laboratório de Biomecânica do Centro de Educação Física, Fisioterapia e Desporto – CEFID – da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC
Endereço para Correspondência: Rua: Des. Pedro Silva, 2202, Bl 12, Apto 11, Coqueiros. Florianópolis/SC. Brasil CEP: 88080-700. E-mail: andrefisio81@gmail.com

Trabalho recebido em 14/10/08 aprovado em 29/06/09

No entanto, os problemas dos idosos começam quando há perda no processo do controle do equilíbrio,² pois o declínio das capacidades do controle postural é um problema muito sério e comum nesta população, com graves efeitos sobre sua qualidade de vida, além de apresentar um elevado custo social à sociedade.¹

Assim sendo, a incidência de quedas, passa a ser um evento comum e devastador nos idosos, embora não seja uma consequência inevitável do envelhecimento, pode sinalizar o início de fragilidade ou indicar doença aguda.⁷ Estatisticamente os problemas de queda segundo Hobeika⁸ atingem 65% dos indivíduos com idade superior a 60 anos decorrentes da perda de equilíbrio e tonturas. Portanto ressalta-se a importância de se pesquisar como se comporta o equilíbrio nesta população, até porque estes resultados encontrados poderão auxiliar na aplicação de treinamentos proprioceptivos que visem à prevenção de quedas e conseqüentemente de outras patologias delas decorrentes.

É importante despertar o interesse para os diferentes especialistas no estudo do equilíbrio e da postura dos idosos e por esta razão é de extrema importância realizar pesquisas envolvendo esta população. Como afirma Duarte et al.³, para corrigir problemas de controle de equilíbrio, primeiro é necessário identificar onde está a dificuldade. Face ao exposto e considerando a escassez de estudos relativos ao equilíbrio do idoso, justifica-se a realização deste estudo com objetivo geral de avaliar as características biomecânicas do equilíbrio dos idosos (idade superior a 60 anos) com base nas variáveis da Oscilação do Centro de Pressão - COP considerando as diferentes posições de colocação dos pés, com olhos abertos e com olhos fechados.

MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa descritiva exploratória,⁹ realizada no Laboratório de Biomecânica do CEFID/UEDESC, na qual participaram 20 idosos, 10 homens e 10 mulheres, com idade entre 63 e 84 anos de idade (média de $71,8 \pm 6,03$ anos), residentes da micro região da Grande Florianópolis/SC, selecionados por amostragem não probabilística intencional. Os mesmos atenderam o critério de não apresentar problemas nos sistemas visual, auditivo, vestibular e musculoesquelético, diagnosticados clinicamente por médicos especializados.

Após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos - CEPESH da UEDESC em 01/04/2005, procedeu-se a coleta de dados, adotando-se uma rotina pré estabelecida. Inicialmente aplicou-se um questionário para verificar características dos idosos como idade, sexo, estatura, massa, estado de saúde e em seguida realizou-se os testes cerebelares¹⁰ (Teste de Romberg e Teste do Index-Nariz) e os testes para nervos cranianos¹⁰ (Teste da Guinada e Teste de Apontar Errado).

Por fim realizou-se a aquisição dos dados das variáveis da Oscilação do Centro de Pressão (COP), utilizando-se uma plataforma de força extensométrica AMTI OR6-5 com taxa de amostragem de 100 Hz num tempo de 60s conforme apresentado na Figura 1. Para esta aquisição foi colocado um alvo visual na altura dos olhos de cada indivíduo, à uma distância de 3 metros.¹¹

Foram selecionadas para o presente estudo as seguintes variáveis: Média de Deslocamento do COP na direção ântero-posterior (MDAP) e na direção latero-lateral (MDLL), Máximo de Deslocamento do COP na direção ântero-posterior (MXAP) e na direção latero-lateral (MXLL), Área do Deslocamento (elipse 95%) do COP (AREA) e a Velocidade Média do COP na direção antero-posterior (VMAP) e na direção latero-lateral (VMLL).

Para aquisição dos dados das variáveis do COP sobre a Plataforma de Força, os sujeitos foram testados em cinco posições de colocação dos pés (Figura 2) e duas condições visuais, ambas distribuídas randomicamente. As posições adotadas foram: P1 (pés unidos e paralelos); P2 (calcanhares unidos e ante-pés afastados

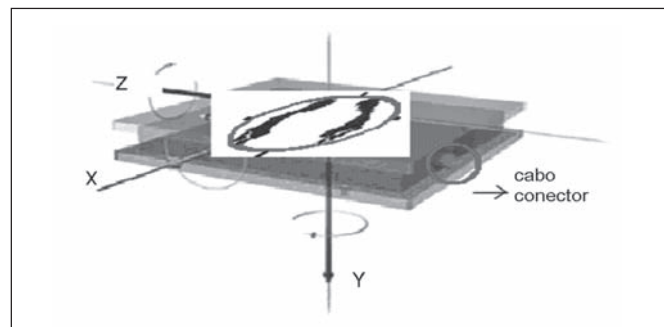


Figura 1 – Posicionamento dos pés na Plataforma de Força¹¹

		Ângulo de abertura	
		0°	45°
distanciamento dos pés	0 cm	 posição 01	 posição 02
	10 cm	 posição 03	 posição 04

Figura 2 – Posicionamento pré-estabelecido dos pés¹¹

e angulados à 45°); P3 (pés distanciados 10cm e paralelos), P4 (pés distanciados 10cm e ante-pés angulados 45°), e finalmente P5 (posição que lhes proporcionou maior conforto) denominada posição livre, a única posição não pré estabelecida. Todas estas posições foram testadas com os olhos abertos e também com os olhos fechados.

Os dados foram processados sendo exportados do Sistema Peak Motus em forma de planilhas do excel, para o tratamento dos dados no programa Matlab 6.5 e posteriormente no programa SPSS 13.0. Analisou-se os dados numa rotina pré-estabelecida no programa MATLAB 6.5 em processo individual através de estatística descritiva (coeficiente de variação percentual % e desvio padrão) para as variáveis selecionadas, sendo que as velocidades e os deslocamentos, calculou-se a média e o valor máximo antes do processamento da estatística descritiva.

Utilizou-se dos testes de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk para verificar se os dados estavam normalmente distribuídos. Como os resultados não apresentaram uma distribuição normal, utilizou-se para a comparação entre as posições e condições visuais os testes de Kruskal Wallis, para comparar as diferentes posições e Mann Whitney, para comparar a condição visual. O nível de significância adotado para este estudo foi de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Comparou-se pelo Teste Kruskal Wallis as evidências das variáveis do COP entre as diferentes posições de colocação dos pés, com olhos abertos e com os olhos fechados. Verificou-se também se houve relação significativa entre as variáveis do COP e a condição visual. Os resultados da comparação entre as cinco posições de colocação dos pés com as variáveis do COP podem ser observados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Comparação das variáveis do COP entre diferentes posições ortostáticas, com olhos abertos.

Variável	Posições	Olhos Abertos			
		\bar{X} postos	\bar{X}^2	gl	P
MDAP	Posição1	21,7			
	Posição2	65,1			
	Posição3	54,2	27,3	4	0,0
	Posição4	59,9			
	Posição5	51,7			
MDL	Posição1	29,2			
	Posição2	67,9			
	Posição3	50,1	19,3	4	0,001
	Posição4	47,9			
	Posição5	57,5			
AREA	Posição1	81,5			
	Posição2	65,6			
	Posição3	37,2	45,7	4	0,0
	Posição4	30,5			
	Posição5	37,8			
VELAP	Posição1	75,4			
	Posição2	63,2			
	Posição3	41,2	31,9	4	0,0
	Posição4	42,3			
	Posição5	30,4			
VELL	Posição1	89,3			
	Posição2	66,9			
	Posição3	32,5	67,8	4	0,0
	Posição4	26,3			
	Posição5	37,5			
MAXAP	Posição1	47,8			
	Posição2	48,5			
	Posição3	64,6	6,1	4	0,195
	Posição4	46,2			
	Posição5	45,5			
MAXL	Posição1	50,7			
	Posição2	56,7			
	Posição3	54,6	3,3	4	0,517
	Posição4	49,0			
	Posição 5	41,6			

Tabela 2 – Comparação das variáveis do COP entre diferentes posições ortostáticas, com olhos fechados.

Variável	Posições	Olhos Fechados			
		\bar{X} postos	\bar{X}^2	gl	P
MDAP	Posição1	39,8			
	Posição2	41,7			
	Posição3	60,3	8,1	4	0,088
	Posição4	57,1			
	Posição5	53,8			
MDL	Posição1	47,8			
	Posição2	50,8			
	Posição3	53,0	0,9	4	0,928
	Posição4	47,0			
	Posição5	53,9			
AREA	Posição1	83,4			
	Posição2	63,0			
	Posição3	30,6	47,1	4	0,0
	Posição4	34,0			
	Posição5	41,7			
VELAP	Posição1	76,6			
	Posição2	54,8			
	Posição3	35,2	24,9	4	0,0
	Posição4	42,6			
	Posição5	43,3			
VELL	Posição1	86,0			
	Posição2	65,6			
	Posição3	28,0	61,0	4	0,0
	Posição4	27,2			
	Posição5	45,7			
MAXAP	Posição1	49,2			
	Posição2	54,9			
	Posição3	39,8	4,3	4	0,367
	Posição4	51,6			
	Posição5	57,1			
MAXL	Posição1	44,2			
	Posição2	52,0			
	Posição3	45,0	5,9	4	0,204
	Posição4	47,8			
	Posição5	63,5			

Analisando-se os resultados contidos na tabela 1, constata-se que: a) *com os olhos abertos* houveram diferenças estatisticamente significativas para as variáveis área da elipse, amplitudes e velocidades de deslocamento. Em ordem decrescente das médias dos valores destas variáveis para as diferentes posições, percebe-se que as maiores diferenças encontram-se respectivamente para MDAP (P2>P4>P3>P5 e P1), MDLL (P2>P5>P3>P4 e P1), ÁREA (P1>P2>P5>P3 e P4), VMAP (P1>P2>P4>P3 e P5) e VMLL (P1>P2>P5>P3 e P4). b) *com os olhos fechados* (Tabela 2), as diferenças significativas foram obtidas somente nas variáveis velocidades de deslocamento e área da elipse. Destaca-se as posições, em ordem decrescente das médias dos valores para as variáveis ÁREA e VELAP (P1>P2>P5>P4 e P3) e para a variável VELL (P1>P2>P5>P3 e P4).

Na sequência aplicou-se o Teste de Man Whitney para identificar tais diferenças variável por variável e constatou-se que: a) *com os olhos abertos* houveram resultados estatisticamente significantes para as variáveis área da elipse, amplitudes e velocidades médias de deslocamento.

Na variável média do deslocamento antero-posterior do COP (MDAP), observou-se que as posições P2,P3,P4,P5 apresentaram maiores valores em relação a P1 (menor área de base) não havendo contudo diferença significativa entre elas.

Na variável média de deslocamento latero-lateral do COP (MDLL), a posição P2 apresentou maior valor em relação as demais posições P1,P3, P4 e P5 e não houve diferença entre estas.

Na variável área da elipse (AREA) o valor da posição P1 (menor área de base) foi maior que outras posições. E entre as demais, a posição P2 apresentou um valor superior as posições P3, P4 e P5. É importante ressaltar que entre P3, P4 e P5 não houve diferença significativa.

Tanto para a variável VMAP (velocidade média do COP na direção antero-posterior), quanto para a variável velocidade média do COP na direção latero-lateral (VMLL); constatou-se o maior valor para a posição P1 (menor área de base) em relação as outras posições. A posição P2 apresentou valor superior as posições P3, P4 e P5 não havendo diferença significativa entre estas três posições.

b) *com olhos fechados* somente verificou-se diferenças significativas entres as posições em três variáveis: área da elipse e velocidades médias de deslocamento do COP.

Na variável VMAP (velocidade média do COP na direção antero-posterior), obteve-se maiores valores para a posição P1 (menor área de base) em relação a P2, P3,P4 e P5. A posição P2 apresentou valor superior a posição P3 e não houve diferenças significativas entre os valores das posições P3, P4 e P5.

Na variável velocidade média do COP na direção latero-lateral (VMLL), o valor obtido para a posição P1 (menor área de base) foi maior que as outras posições. A posição P2 apresentou valor superior em relação aos valores das posições P3, P4 e P5, e a posição P5 apresentou valor superior a P3 e P4 que apresentaram valores semelhantes entre si.

Por fim a variável área da elipse (AREA) diferentemente das demais variáveis, apresentou diferenças estatisticamente significativas entre as mesmas posições nas duas situações visuais: olhos abertos e olhos fechados.

Para esta variável, o valor da posição P1 (menor área de base) foi maior que as outras posições. A posição P2 apresentou valor superior a P3, P4 e P5, sendo que entre estas três posições não houve diferenças significativas.

DISCUSSÃO

Na comparação das cinco posições nas sete variáveis do COP, com olhos abertos e com os olhos fechados, verificou-se maiores valores nas variáveis do COP e, portanto menor estabilização na seguinte ordem decrescente: a posição 1 (pés unidos e paralelos), posição 2 (calcanhares unidos e ante-pés afastados e angulados à 45°), seguidas das posições 3 (pés paralelos e afastados 10cm) e 5 (livre), que apresentaram resultados relativamente melhores, sendo a posição 4 (calcanhares afastados 10cm e ante-pés angulados a 45°) a mais estável.

Não se teve acesso a estudos que possibilitassem confrontar os resultados, contudo, Mouzat,¹² constatou que o afastamento tem uma influência importante para a melhor estabilização. Sobre todos os parâmetros estudados, excluído a dispersão do COP ântero-posterior, o ângulo tem uma influência apenas sobre velocidade principalmente lateral, sobre a dispersão lateral, sobre o raio e conseqüentemente na área. Segundo Mouzat¹² a dimensão do efeito do afastamento, é muito claramente superior à do ângulo. Na comparação dos efeitos das condições visuais, nas cinco posições observou-se que com os *olhos abertos* as variáveis médias do deslocamento ântero-posterior e lateral, a posição P1 (menor área da base) foi a que apresentou menor oscilação, salientando que a contribuição visual auxilia na manutenção do equilíbrio diretamente. Este achado tem explicação na tendência da força

de acoplamento entre informação visual e oscilação postural e a influência das alterações contínuas da informação visual nas oscilações posturais.¹³ Da mesma forma a contribuição visual é enfatizada com o aumento da idade, porque se observa uma diminuição da participação somato-sensitiva e vestibular, além do aumento da contribuição visual.¹⁴

Na velocidade de deslocamento ântero-posterior, o maior valor foi para P1 (menor área da base) em relação a P3, P4 e P5, indicando que a velocidade dos ajustes para manutenção do equilíbrio nas posições com menor área da base seja necessariamente superior. Esses resultados segundo Reynolds¹⁵, podem ser explicados pelo fato do sistema nervoso central ser capaz de alterar a trajetória do pé rapidamente, ao simultaneamente assegurar-se de que o equilíbrio não esteja ameaçado.

Na área da elipse, tanto para olhos abertos quanto fechados, os maiores valores das médias foram para as posições P1 e P2 (posições de menor distanciamento entre os pés) em relação a demais, apontando que nas situações de menor área da base de sustentação do corpo, a área de oscilação do COP, é maior, constatando-se maior desequilíbrio. Este caso confirma a melhor estabilidade nas P3, P4 e P5, com resultados semelhantes entre si, pois há uma melhora da estabilidade da postura ortostática quando o afastamento e/ou o ângulo entre os pés aumentam e as oscilações do sujeito são diminuídas.¹¹

CONCLUSÕES

Diante dos resultados e com base no referencial teórico consultado conclui-se que:

Em relação a estabilidade a posição P4 (calcanhares afastados 10cm e ante-pés angulados a 45°) foi a que apresentou a maior estabilidade seguida, respectivamente, em ordem decrescente das posições P3 (calcanhares afastados 10cm e ante-pés paralelos) e a P5 (posição espontânea) sustentada por menores áreas da elipse, menores velocidades e amplitudes de deslocamentos ântero-posteriores e latero-lateral.

O feedback visual apresentou contribuição importante no controle postural, em todas as cinco posições de colocações dos pés que foram testadas, aumentando ou diminuindo a estabilidade na posição ortostática.

REFERÊNCIAS

1. Kaneko M, Morimoto Y, Kimura M, Fuchimoto K, Fuchimoto T. A kinematic analysis of walking and physical fitness testing in elderly women. *Can J Sport Sci.* 1991;16:223-8.
2. Pascoal R. Novo laboratório da EEFPE: Solução para problemas de quedas entre idosos. Disponível em: http://www.usp.br/agen/bols/1998_2001/rede825.htm. Acessado em 03/04/2004 e 30/09/2007.
3. Duarte M, Mochizuki L, Teixeira LA Análise estabilográfica da postura ereta humana: avanços em comportamento motor. Disponível em: www.usp.br/eef/lob/md/LIVRE01.pdf. Acessado em 03/04/2004.
4. Wolf F, Krebs RJ, Detânico RC, Keulen GEV, Braga RK. Estudo do equilíbrio plantar do iniciante de tiro com arco recurvo. Disponível em: URL:<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevEducFis/article/viewFile/4309/2911>. Acessado em 05/10/2008.
5. Lianza S. Medicina de reabilitação. 3a.ed. Rio de Janeiro; Guanabara Koogan: 2001.
6. Verderi E. A fisiologia do envelhecimento. Disponível: <http://www.cdof.com.br/acsm8.htm> Acessado em 03/04/2004 e 30/09/2007.
7. Jacob FW.; Paschoal SMP. Quadro clínico e epidemiologia - como reduzir quedas no idoso. Disponível em: <http://www.into.saude.gov.br>. Acessado em 30/09/2007.
8. Hobeika, C. Equilibrium and balance in the elderly. *Ear Nose Throat J.* 1999;78:558-62.
9. Santos AR. Metodologia científica: a construção do conhecimento. 5a. ed. Rio de Janeiro: DP&A; 2002.
10. Cipriano JJ. Manual fotográfico de testes ortopédicos e neurológicos. 3a. ed. São Paulo: Manole; 1999.
11. Oliveira EM. Avaliação biomecânica do equilíbrio do idoso [dissertação]. Florianópolis: Universidade do Estado de Santa Catarina; 2006
12. Mouzat A. Etude Statistique de l'equilibre orthostatique chez L'Homme [tese]. Clermont Ferrand: Universidade Blaise Pascal; 2003.
13. Freitas JPB. Características comportamentais de controle postural de jovens, adultos e idosos [dissertação]. Rio Claro: Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista; 2003
14. Contarino D, Bertora GO, Bergmann JM. About balance on platform: mathematical modeling for clinical evaluation. Disponível em: <http://www.neurootology.org/search/?m=a&v=8>. Acessado em: 20/02/2006 e 30/09/2007.
15. Reynolds RF, Day BL. Rapid visuomotor processes drive the leg regardless of balance constraints. Disponível em: http://www.sportex.bham.ac.uk/about/staff/images/Reynolds__Day_2005b.pdf. Acessado em 16/01/2010