

INVESTIGAÇÃO DE POSSÍVEIS RELAÇÕES DO EQUILÍBRIO ESTÁTICO COM A ESTATURA E A VISÃO

Juliana Vieira Pes¹, Carlos Bolli Mota²

¹ Fisioterapeuta, Pós Graduada em Atividade Física, Desempenho Motor e Saúde, Universidade Federal de Santa Maria, RS- Brasil.

² Prof. Doutor, Centro de Educação Física e Desportos, Universidade Federal de Santa Maria, RS- Brasil.

RESUMO

O equilíbrio é o processo de manutenção da projeção do centro de gravidade dentro da área da base de suporte do corpo, que requer ajustes constantes da atividade muscular e do posicionamento articular (NASHNER, 1993). O centro de pressão do indivíduo, ponto onde está localizado o vetor resultante da força vertical de reação do solo, que representa a média ponderada de todas as pressões da área da superfície em contato com o solo, deve mover-se continuamente em relação aos deslocamentos do centro de gravidade (WINTER, 1995). Este estudo relaciona o controle postural, com a estatura e a visão, através de parâmetros do centro de pressão. Onze indivíduos saudáveis de ambos os sexos foram avaliados na Plataforma de Força AMTI (*Advanced Measurement Technologies, Inc, USA*). Os indivíduos realizaram dois testes estáticos diferentes com apoio bipodal, variando a abertura e o fechamento dos olhos. As variáveis analisadas foram os deslocamentos do centro de força nas direções ântero-posterior e médio-lateral. Os resultados, deste estudo, mostraram que a estatura não exerce influência significativa no equilíbrio dos indivíduos saudáveis e que a visão é um fator importante na estabilização do controle postural, pois houve diferença significativa entre as situações olhos abertos e olhos fechados.

Descritores: Equilíbrio; Visão; Estatura.

INTRODUÇÃO

Independentemente da ação motora requerida, o desempenho é tanto melhor quanto mais alinhada for a postura e quanto melhor for o seu equilíbrio (LIMA et al, 2001). A oscilação postural corporal está relacionada às correções que o corpo faz para manter a linha do centro de gravidade dentro da base de sustentação, destacando-se ainda que a instabilidade constante do equilíbrio pode ser explicada pela altura do centro de massa e uma base relativamente pequena (SMITH et al, 1997). A manutenção da postura em pé é uma tarefa complexa já que requer a projeção vertical do centro de massa dentro de uma pequena base de suporte. Os limites de estabilidade são definidos como a área envolvida pelas bordas externas dos pés, em contato com o chão. Estes são os limiares nos quais o corpo pode manter sua posição, sem alterar a base de suporte (SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 2003).

A postura estática humana é mantida através de um programa postural central assistido por várias modalidades sensoriais que interagem para a estabilização e representação postural do corpo (MITTELSTAEDT, 1992; MERGNER & ROSEMEIER,

1998; KAVOUNOUDIAS et al, 2001). Os três sistemas envolvidos no controle do equilíbrio são: a visão, o sistema vestibular e o sistema somatossensorial ou proprioceptivo (WINTER, 1995). Além disso, vários fatores fisiológicos como a respiração, os batimentos cardíacos e o retorno venoso influem constantemente na posição ortostática, como afirmam Oliveira et. al. (2000).

Segundo Guyton & Hall (1997), na manutenção do equilíbrio corporal, o sistema vestibular, o sistema óptico e o sistema proprioceptivo precisam estar funcionalmente entrosados, mas mesmo após a destruição do aparelho vestibular ou depois da perda da maioria das informações proprioceptivas, através da visão, uma pessoa consegue manter razoavelmente o equilíbrio.

Tanto novas abordagens conceituais quanto dados empíricos estão permitindo delinear paulatinamente uma nova visão do sistema nervoso como um órgão dinâmico, constituindo uma unidade funcional com o corpo e com o ambiente, e dotado de características plásticas que se manifestam sob a forma de modificações estruturais decorrentes do exercício funcional adaptativo em contextos variáveis. Essa capacidade do sistema nervoso modificar sua estrutura e função em decorrência dos padrões de experiência é definida como neuroplasticidade (HAASE & LACERDA, 2004).

Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo estudar o equilíbrio estático humano, através de uma Plataforma de Força e investigar a influência da estatura e da visão no controle do equilíbrio postural.

METODOLOGIA

Grupo de estudo

Foi avaliado um grupo composto por 11 indivíduos jovens, acadêmicos do curso de Educação Física de ambos os sexos, 8 mulheres e 3 homens. Nenhum apresentava lesão músculo-esquelética nos membros inferiores (MMII) ou na coluna e também não apresentavam história de disfunção neurológica, vestibular ou visual não corrigida; não faziam uso de drogas ou álcool nem de medicamentos que comprometessem o equilíbrio. Foram avaliados indivíduos jovens para evitar a interferência de problemas de equilíbrio ou de maior oscilação corporal, apresentados pelos idosos. A separação pelo sexo, quando se trata de um grupo de indivíduos jovens, não é necessária (KOLLEGER et al, 1992). O método empregado neste estudo foi considerado de fácil aplicação e sensível à instabilidade causada pela postura estática.

Material e procedimento

Para a aquisição dos dados cinéticos referentes à posição do COP foi utilizada uma plataforma de força *AMTI (Advanced Measurement Technologies, Inc, USA)*. Esta plataforma mede as três componentes da força de reação do solo (F_x , F_y e F_z) e os momentos em torno dos eixos x , y e z e a partir destes dados fornece a posição do COP. As forças são medidas por transdutores do tipo *strain gauges* fixados em células de carga, localizadas nos quatro cantos da plataforma. Estes transdutores são dispostos em circuitos do tipo ponte de *Wheatstone*. Os sinais de saída são proporcionais à deformação mecânica sofrida pelo material devido às forças. Os transdutores suportam forças de 10000 N na direção vertical e 4000 N nas direções horizontais. A coleta dos dados foi feita a uma taxa de amostragem de 100 Hz. As variáveis analisadas foram os deslocamentos do centro de força nas direções ântero-posterior e médio-lateral e a área da elipse que contém 95% dos dados.

Os sujeitos foram encaminhados para início das coletas dos dados que aconteceu em ambiente de laboratório. Inicialmente, mensurou-se a estatura e o peso dos indivíduos. Logo após, os indivíduos foram encaminhados à Plataforma de Força para a aquisição das informações. Estes foram sempre avaliados primeiramente com os olhos abertos e depois

com os olhos fechados. O posicionamento dos sujeitos na plataforma foi em apoio bipodal olhando para o horizonte (ou com a cabeça na posição neutra, orientada para um olhar horizontal, no caso da condição de olhos fechados), o tronco em posição ereta e confortável, membros superiores ao lado do corpo, o quadril e os joelhos dos membros inferiores permaneceram em angulação neutra. Os pés estavam sempre descalços e foram mantidos afastados aproximadamente na mesma largura do quadril. Cada uma das condições foi repetida por três vezes, sendo considerada para análise a média das três medidas.

Com este posicionamento, foi solicitado que os sujeitos ficassem o mais equilibrados possível por 10 segundos para cada coleta. Entre as avaliações, foram permitidos intervalos de 20 segundos entre cada aquisição, de acordo com a necessidade de cada sujeito, para evitar os efeitos da fadiga.

Todos os indivíduos assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, concordando com todos os procedimentos do estudo.

Tratamento estatístico

Foi feita estatística descritiva das variáveis, a normalidade foi testada pelo teste de Shapiro-Wilk e os dados podem ser considerados como tendo distribuição normal. Foi feita uma correlação de Pearson entre cada uma das variáveis e a estatura dos sujeitos, nas situações olhos abertos e olhos fechados. Também foram feitos testes t para comparar cada uma das variáveis nas situações olhos abertos e olhos fechados. O nível de significância usado foi de 5%.

RESULTADOS

A Tabela 1 mostra a caracterização do grupo através dos dados de estatura, massa corporal e idade.

Tabela 1: Dados médios, desvio padrão (mínimo – máximo valor) de idade, estatura, massa corporal e IMC dos indivíduos.

Grupo n=11	Estatura (cm)	Massa Corporal (kg)	Idade (anos)
Média	168,59	65,49	23,54
Desvio Padrão	±11,36	±17,66	± 1,17

A Tabela 2 mostra as correlações das variáveis do equilíbrio com a estatura, nas situações olhos fechados e olhos abertos, nas quais não foram encontrados valores significativos. Na comparação da situação olhos abertos com olhos fechados, o teste t mostrou diferenças significativas em todas as variáveis, como verifica-se na Tabela 3.

Tabela 2. Correlações das variáveis amplitude de deslocamento do COP na direção ântero-posterior (COPap), amplitude de deslocamento do COP na direção médio-lateral (COPml) e a área da elipse (Aelipse) com a estatura, nas situações olhos abertos e olhos fechados.

	COPap		COPml		Aelipse	
	abertos	fechados	abertos	fechados	abertos	fechados
estatura	0,46	0,50	0,26	-0,05	0,38	0,07

Tabela 3. Média e desvio-padrão das variáveis amplitude de deslocamento do COP na direção ântero-posterior (COPap), amplitude de deslocamento do COP na direção médio-lateral (COPml) e área da elipse que contém 95% dos dados (Aelipse) nas situações olhos abertos e olhos fechados.

Variáveis	Olhos abertos	Olhos fechados
COPap (cm)	1,60 (0,44)*	1,88 (0,37)*
COPml (cm)	1,44 (0,35)*	1,90 (0,50)*
Aelipse (cm ²)	1,77 (0,88)*	2,77 (1,22)*

*diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$)

DISCUSSÃO

Para verificar a influência da estatura corporal no equilíbrio, durante as avaliações realizadas, foi feita uma análise comparativa utilizando o coeficiente de Correlação de Pearson. Esse teste foi realizado com o intuito de verificar a existência ou não da relação entre altura do centro de gravidade corporal com a oscilação do centro de pressão. Os resultados não evidenciaram correlações significativas entre as variáveis do equilíbrio estático e a estatura, concordando com os resultados obtidos por Bankoff et al (2006).

É provável que o aumento proporcional do tamanho dos pés em relação à altura de cada um dos sujeitos, tenha sido responsável pela não ocorrência da relação, já que a base de apoio é aproximadamente um retângulo formado por linhas retas através dos dedos e calcanhares e ao longo da largura lateral de cada pé (GARHAMMER, 1981).

Enoka (2000) destaca que a postura corporal dentre outros aspectos está relacionada às informações sensoriais que são de fontes somatossensoriais, vestibulares e visuais, em que pessoas que possuem algum problema em um destes sistemas sensoriais, esta apta a aprender a depender dos outros dois.

Viel et al (2001) reforçam a teoria de que o equilíbrio no apoio bipodal é mais estável quando relatam que embora os receptores visuais do movimento informem o sistema nervoso central sobre o deslocamento da cabeça e do corpo em relação ao meio ambiente, são sobretudo as informações de origem periférica que intervêm a fim de codificar as posições e os movimentos relativos do corpo em relação ao meio ambiente. Neste caso as informações periféricas podem ser entendidas como vindas dos pés que estão ambos apoiados no solo, garantindo assim maior estabilidade à postura corporal.

Neste estudo, a comparação de cada uma das variáveis nas situações olhos abertos e olhos fechados, mostrou diferenças significativas em todas elas. Todos os indivíduos obtiveram melhores resultados na situação olhos abertos. Segundo Campelo et al (1998) o equilíbrio é extremamente influenciado pelo sentido da visão e a estabilidade da postura corporal torna-se mais complicada com os olhos fechados.

Bankoff et al. (2004) estudaram através do sistema de baropodometria eletrônica as posturas corporais estática, dinâmica e também, a postura corporal monopodálica direita e esquerda, com olhos abertos e fechados, por um período de 03 segundos, em sujeitos do sexo masculino. Os resultados das análises baropodométricas mostraram que na postura dinâmica o percentual de carga e a área de superfície são maiores nas regiões anterior e posterior do pé e plantar total, quando comparadas com a postura estática. Quanto às análises posturográficas, monopodálicas olhos abertos e fechados, ficou claramente evidenciado a dificuldade de manutenção do equilíbrio corporal, principalmente com os olhos fechados, mostrando assim, as fortes e consistentes inter-relações neuromotoras entre o sistema visual e posturas corporais.

Brunnstrom (1989) a respeito da informação visual descreve que as imagens visuais da localização do corpo e suas partes com relação a pontos de referência no ambiente imediato dão informações complementares para a manutenção do equilíbrio.

Duarte (2000) ratifica essa teoria quando afirma que a informação visual é importante para a realização dos ajustes e correção da posição.

Segundo Barela (2000) a projeção do cenário ambiental na retina do observador implica ações do organismo com o intuito de minimizar e corrigir as oscilações corporais, como no caso do deslocamento frontal, em que a imagem projetada na retina é aumentada, proporcionando a interpretação de um aumento da oscilação na direção frontal, este quadro provoca reflexos musculares para interagir com essa situação, aspecto que é dificultado através da diminuição ou extinção dessa informação. Esse fato pode explicar que a falta de informações visuais resulta em um pior equilíbrio, concordando com resultados obtidos por outros autores (CAMPELO et al, 1998; TOOKUNI et al, 2005; BANKOFF et al, 2006).

CONCLUSÃO

O processo de reabilitação se baseia na convicção de que o cérebro humano é um órgão dinâmico e adaptativo, capaz de se reestruturar em função de novas exigências ambientais ou das limitações funcionais impostas por lesões. A reabilitação pode então ser concebida como uma forma de aprendizagem motora.

Como fisioterapeutas, a maior parte dos objetivos que estabelecemos junto com nossos pacientes está centrada no aprendizado de uma nova habilidade não adequadamente desenvolvida ou no reaprendizado de uma habilidade essencial perdida decorrente de uma lesão ou de uma doença.

Esse estudo mostrou diferenças significativas na comparação entre as situações olhos abertos e olhos fechados em todas as variáveis. Este resultado reforça a importância do treino de olhos fechados na reabilitação para estimular o aprendizado e controle motor com o propósito de estimular a propriedade do sistema nervoso que permite o desenvolvimento de alterações estruturais em resposta à experiência e como adaptação a estímulos repetitivos. Este processo pode ocorrer a qualquer momento da vida de um indivíduo, seja criança, adulto ou idoso, proporcionando o aprendizado de algo novo e modificando o comportamento de acordo com o que foi aprendido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BANKOFF, A. D. P. et. al. Estudo do equilíbrio corporal através do sistema de baropodometria. **Conexões**, v.2, n.2, 2004.
2. BANKOFF, A. D. P. et. al. Análise do equilíbrio corporal estático através de um baropodômetro eletrônico. **Conexões**, v.4, n.2, 2006.
3. BARCELLOS, C.; IMBIRIBA, L. A. Alterações posturais e do equilíbrio na primeira posição ponta do balé clássico. **Rev Paulista de Educação Física**, v.16, n.1, p. 43-52, jan./jun. 2002.
4. BARELA, J. A. Estratégias de controle em movimentos complexos: ciclo percepção-ação no controle postural. **Rev Paulista de Educação Física**. Sup. 3, p. 79-88, 2000.
5. BRUNNSTROM, S. **Cinesiologia clínica**. São Paulo: Manole, 1989.
6. CAMPELO, T. S. et. al. Postura e Equilíbrio Corporal: um estudo das relações existentes. 1998 Disponível em: http://www.diasu.com/pagine/articoli/postura_e.pdf. Acesso em 17 de maio de 2007.

7. COHEN, H. **Neurociência para Fisioterapeutas**. 2ed. São Paulo: Manole, 2001.p.111-122.
8. DUARTE, M. **Análise estabilográfica da postura ereta humana quase-estática**. 2000. 87f. Dissertação para livre docência em educação Física – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo.
9. ENOKA, R. M. **Bases Neuromecânicas da Cinesiologia**. 2ed. São Paulo: Manole, 2000.
10. GARHAMMER, J. L. **Biomecânica: análise dos movimentos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Cultura Médica, 1981.
11. GUYTON, A. C. & HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. 9ªed. Rio de Janeiro: Guanabara; 1997.
12. HAASE, V. G. & LACERDA, S. S. Neuroplasticidade, variação interindividual e recuperação funcional em neuropsicologia. **Temas em Psicologia da SBP**, v. 12, n. 1, 28– 42, 2004.
13. KAVOUNOUDIAS, A.; ROLL, R.; ROLL, J. P. Foot sole and ankle muscle inputs contribute jointly to human erect posture regulation. **J Physiol** 2001; 532(Pt 3): 869-78.
14. KOLLEGGER, H.; Baumgartner, C.; Wöber, C.; Oder, W.; Deecke, L. Spontaneous body sway as a function of sex, age, and vision: posturographic study in 30 healthy adults. **Eur Neurol** 1992; 32:253-9.
15. LIMA, M. R. S. ; TANAKA, C. ; GREVE, J. D . Caracterização da postura e do centro de aplicação de força (COF) e do pico de pressão plantar estática em atletas velocistas de elite. In: IX Congresso Brasileiro de Biomecânica, 2001, Gramado. Anais do IX Congresso Brasileiro de Biomecânica. Porto Alegre : Escola de Educação Física da URGs, 2001. v. 2. p. 47-53.
16. MAXEY, L. & MAGNUSSON, J. **Reabilitação Pós- Cirúrgica para o Paciente Ortopédico**. 1ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. p.278.
17. MERGNER, T.; ROSEMEIER, T. Interaction of vestibular, somatosensory and visual signals for postural control and motion perception under terrestrial and microgravity conditions—a conceptual model. **Brain Res Rev** 1998; 28(1-2): 118-35.
18. MITTELSTAEDT, H. Somatic versus vestibular gravity reception in man. **Ann N Y Acad Sci** 1992; 656: 124-39.
19. NASHNER, L. Pratical biomechanics and physiology of balance. In: Jacobson G, Newman C, Kartush J. eds. Handbook of balance function and testing. St. Louis: Mosby Year Book; 1993. p.261-79.
20. OLIVEIRA, L. F.; IMBIRIBA, L. A.; GARCIA, M. A. C. Índice de estabilidade para avaliação do equilíbrio postural. São Paulo: **Revista Brasileira de Biomecânica**, 2000. v. 1, n. 1, p. 33- 38.
21. RIBEIRO, N. O ambiente terapêutico como agente otimizador na neuroplasticidade em reabilitação de pacientes neurológicos. **Diálogos Possíveis** Ano 4, v.2, 2005, p. 109.

22. SALGADO, A. S. I. **Reeducação Funcional Proprioceptiva de Joelho e Tornozelo**. 1ed. São Paulo: Lovise, 1995. p.3-4;93-98.
23. SCHIMIDT, A.; BANKOFF, A. D. P.; ZAMAI, C. C.; BARROS, D. D. Estabilometria: estudo do equilíbrio postural através da baropodometria eletrônica. Disponível em: http://www.diasu.com/Site/bibliografia/artigo_estabilometria_cbce_2003.pdf - Acessado em 17 de maio de 2007.
24. SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. Controle Motor-Teoria e aplicações práticas. 2ª ed. São Paulo: Manole; 2003.
25. SILVESTRE, M.V. & LIMA, W.C. **Revista FisioBrasil**, 2002 , 24 - 28p.
26. SMITH, L.K.; LEHMKUHL, L. D.; WEISS, E. L. **Cinesiologia Clínica**. 5 ed. São Paulo: Manole, 1997.
27. TOOKUNI, K. S.; NETO, R. B.; PEREIRA, C. A. M.; SOUZA, D. R.; GREVE, J. M.; AYALA, A. Análise comparativa do controle postural de indivíduos com e sem lesão do ligamento cruzado anterior do joelho. **Acta ortop. bras.** v.13 n.3 São Paulo 2005.
28. VIEL, E et al. **A marcha humana, a corrida e o salto**. São Paulo: Manole, 2001.
29. WINTER, D. A. Human balance and posture control during standing and walking. **Gait and Posture**,1995; 3:193-214.

Endereço para correspondência

Juliana Vieira Pes
Av. Belém, 468
Pinhalzinho, Santa Catarina
CEP 89870-000
E-mail: ju_pes@yahoo.com.br