



Equilíbrio postural de atletas remadores*

Taian de Mello Martins Vieira e Liliam Fernandes de Oliveira

RESUMO

A influência do condicionamento físico no equilíbrio postural por um período prolongado ainda não está esclarecida. O objetivo deste estudo foi comparar parâmetros estabilométricos em testes de longa duração entre atletas remadores e um grupo de indivíduos saudáveis, não-atletas, que permaneceram de pé sobre uma plataforma de força durante 31 minutos. A cada cinco minutos de teste era apresentada uma escala modificada de Borg para pontuar o nível de desconforto. Os parâmetros estudados foram: desvio-padrão, velocidade média e frequência média dos deslocamentos lateral e ântero-posterior, e a área elíptica do deslocamento do centro de pressão no plano da plataforma. O grupo dos atletas não apresentou diferenças significativas nos parâmetros durante todo o teste. O grupo controle apresentou valores significativamente mais elevados na área elíptica e a velocidade média da metade do teste em diante. Os atletas apresentaram valores significativamente menores para escala de Borg, representando maior resistência ao desconforto gerado pela atividade. Com base nos resultados, sugere-se que as alterações estabilométricas apresentadas pelo grupo de não-atletas sejam decorrentes de processos fisiológicos periféricos e que o condicionamento físico parece ser um fator importante na manutenção do equilíbrio estático por período prolongado.

ABSTRACT

Postural balance in rowing athletes

The influence of fitness on long-term postural balance is not clear yet. This study aims to compare stabilometric parameters in long-term balance tests performed by rowing athletes and by a control group of non-athletes healthy subjects, who stood upright on a force plate for 31 minutes. At every five minutes of test, a modified Borg scale was shown to the subjects to score the discomfort. The parameters studied were: standard deviation, average velocity and average frequency of the lateral and anterior-posterior centre of pressure displacements, and the elliptical area of the displacement on the level of the force plate. The athletes did not show significant differences in parameters during the entire test. The control group presented significant higher values in the elliptical area and in average velocity from the middle to the end of test. The athletes presented significant lower values in Borg's scale, showing a greater resistance to discomfort. It is suggested that stabilometric alterations showed by the non-athletes occurred in response to peripheral physiological processes, and that physical fitness seems to be an important factor for the maintenance of a long-term static balance.

* Universidade Federal do Rio de Janeiro, Laboratório de Biomecânica, Escola de Educação Física e Desportos da UFRJ, Av. Pau Brasil, 540, Cidade Universitária – Ilha do Fundão – 21941-590 – Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Tels.: (21) 2562-6826 / 2562-6826.

Recebido em 13/7/05. Versão final recebida em 10/9/05. Aceito em 6/12/05.

Endereço para correspondência: Taian de Mello Martins Vieira, Rua Figueiredo Magalhães, 741, apto. 711, Copacabana – 22031-010 – Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Tel.: (21) 3208-4683. E-mail: tainat@peb.ufrj.br

Palavras-chave: Controle postural. Estabilometria. Remo.

Keywords: Postural control. Stabilometry. Rowing.

Palabras-clave: Control de postura. Estabilometria. Remo.

RESUMEN

Equilíbrio postural de atletas remadores

La influencia del condicionamiento físico en el equilibrio postural por un periodo prolongado todavía no está aclarado. El objetivo de este estudio ha sido comparar parámetros estabilométricos en tests de larga duración entre atletas remadores y un grupo de individuos saludables, no atletas, que permanecieron de pie sobre una plataforma de fuerza durante 31 minutos. A cada cinco minutos de prueba era presentada una escala modificada de Borg para puntuar el nivel de incomodidad. Los parámetros estudiados fueron: desvío padrón, velocidad media y frecuencia media de los movimientos laterales y antero-posterior, y el área elíptica del movimiento del centro de presión en el plano de la plataforma. El grupo de atletas no presentó diferencias significativas en los parámetros durante toda la prueba. El grupo de control presentó valores significativamente mas elevados en el área elíptica y la velocidad media a partir de la mitad del test. Los atletas presentaron valores significativamente menores para la escala de Borg, representando mayor resistencia a la incomodidad generada por la actividad. Con base en los resultados, se sugiere que las alteraciones estabilométricas presentadas por el grupo de no atletas sean provenientes de procesos fisiológicos periféricos y que el condicionamiento físico parece ser un factor importante en la mantención del equilibrio estático durante períodos prolongados.

INTRODUÇÃO

O controle da postura de pé depende de informações sensório-motoras, como base para a representação interna do corpo pelo sistema nervoso central, que através de estratégias adequadas assegura a estabilidade do sistema⁽¹⁾. As correções do eixo do corpo pelos mecanismos de controle postural, suscitadas como consequência da própria dinâmica do organismo vivo, conferem ao corpo humano pequenas e constantes oscilações quando de pé, com importante papel na distribuição da pressão nas plantas dos pés e na eficiência do retorno venoso⁽²⁾.

A estabilometria é uma técnica de avaliação do equilíbrio na postura ortostática, que consiste na quantificação das oscilações ântero-posteriores e laterais do corpo, enquanto o indivíduo permanece de pé sobre uma plataforma de força^(3,4). Uma vez que o deslocamento do centro de pressão (CP) é representativo das oscilações posturais, o registro é feito pelo cálculo instantâneo da sua posição (coordenadas x, y), que corresponde à localização da resultante das forças aplicadas na superfície em contato com os pés, que consiste na base de apoio. O processamento do sinal é geralmente aplicado nos domínios do tempo e da frequência, e como não está estabelecido um protocolo para o teste estabilométrico, são utilizadas metodologias diferentes, inclusive no tocante ao tempo de teste e na base de apoio. Normalmente são

adotados períodos de curta duração, em torno de 30 segundos⁽⁵⁻⁸⁾. Conforme Carpenter *et al.*⁽⁹⁾ e Mello *et al.*⁽¹⁰⁾, um período de 60 segundos é recomendado para assegurar a estacionariedade do sinal estabilométrico. A base de apoio é uma variável que, quando controlada, não exerce influência nos parâmetros do sinal⁽¹¹⁾.

Testes estabilométricos por períodos prolongados são menos frequentes. Duarte *et al.*⁽¹²⁾ utilizaram testes de 30 minutos em postura irrestrita, o que significava que os indivíduos poderiam se mover livremente sobre a plataforma. Seu objetivo era identificar padrões específicos de deslocamento do CP, como estratégia do controle postural para possibilitar a manutenção desta postura por um período prolongado. Já Imbiriba *et al.*⁽¹³⁾ realizaram testes estabilométricos de 31 minutos em postura restrita, em que os indivíduos permaneciam na mesma postura de pé sobre uma plataforma de força e a cada intervalo de 5 minutos relatavam o grau de desconforto através de uma escala subjetiva. A partir de aproximadamente 15 minutos, encontraram diferenças significativas para o deslocamento lateral do centro de pressão quando comparadas com um outro grupo que era submetido a períodos de repouso durante o exame. A permanência da postura prolongada de pé manifestou um alto nível de desconforto nos indivíduos, atribuído pelos autores a um processo de fadiga.

Diversas tarefas do cotidiano solicitam a postura ortostática como orientação postural comum, sobretudo em situações de longas filas de espera e no militarismo. Alterações fisiológicas provocadas por tarefas dessa natureza, relacionadas com a permanência do indivíduo na posição de pé por um longo período, são derivadas das forças gravitacionais que afetam profundamente o débito cardíaco⁽¹⁴⁾. Sendo assim, pode-se esperar que indivíduos com adaptações fisiológicas decorrentes de um desenvolvido condicionamento cardiovascular e muscular estejam mais aptos para superar essas alterações.

Não são encontrados relatos, na literatura, que evidenciem os efeitos do condicionamento físico no deslocamento do centro de pressão em testes estabilométricos de longa duração. Desse modo, é desconhecido o comportamento das oscilações posturais em face das adaptações fisiológicas impostas pelo treinamento físico, durante o processo induzido de fadiga pela postura prolongada de pé.

O objetivo do estudo consiste na comparação de parâmetros estabilométricos em testes de longa duração entre um grupo de atletas remadores e um grupo de não-atletas, na postura quieta de pé.

MÉTODOS

A amostra foi constituída de 19 atletas remadores (11 homens e 8 mulheres) do Clube de Regatas Vasco da Gama, com pelo menos quatro anos de competição, com registro na Federação de Remo do Estado do Rio de Janeiro (FRERJ). Dezenove estudantes saudáveis (12 homens e 7 mulheres) sedentários, da Escola de Educação Física e Desportos da Universidade Federal do Rio de Janeiro, constituíram o grupo de não-atletas. A tabela 1 apresenta as idades e características antropométricas dos grupos. O trabalho foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

TABELA 1
Não há diferença significativa entre os grupos

	Idade (anos)	Peso (kg)	Estatua (m)
Atletas	20,3 ± 2,7	78,8 ± 13,4	1,77 ± 0,75
Não-atletas	21,7 ± 2,0	78,4 ± 18,7	1,73 ± 0,82

O sistema de aquisição foi uma plataforma de força *AccuSway Plus*, com o *software Balance Clinic*, utilizando uma frequência de amostragem de 50Hz (AMTI, 2001).

Os atletas e estudantes, após consentimento por escrito, permaneceram na plataforma por 31 minutos com pés unidos, braços ao longo do corpo e de frente para uma parede a 2,0m de distância. Foi registrado o sinal durante o primeiro minuto do teste e, a partir deste, a cada cinco minutos, totalizando sete registros de um minuto. A cada registro, era mostrada aos indivíduos uma escala modificada de Borg, onde pontuavam seu grau de desconforto naquele momento, sendo zero para “nenhum” e 10 para “impossível continuar”.

Os parâmetros estabilométricos analisados foram: velocidade média, desvio-padrão da amplitude e frequência média do deslocamento do CP nas direções ântero-posterior e lateral, além da área elíptica do deslocamento de CP no plano da plataforma.

A área elíptica (AE), que corresponde à área da elipse que melhor se ajusta à trajetória do CP (figura 1), foi calculada através da técnica estatística de análise de componentes principais^(3,15):

$$\sigma_{cp}^2 = \left(\sigma_{xx}^2 + \sigma_{yy}^2 \pm \sqrt{(\sigma_{xx}^2 - \sigma_{yy}^2)^2 + 4(\sigma_{xy}^2)^2} \right) / 2 \quad (1)$$

onde σ_{xy} , σ_{xx} , σ_{yy} são, respectivamente: co-variância, variância nos eixos x e y.

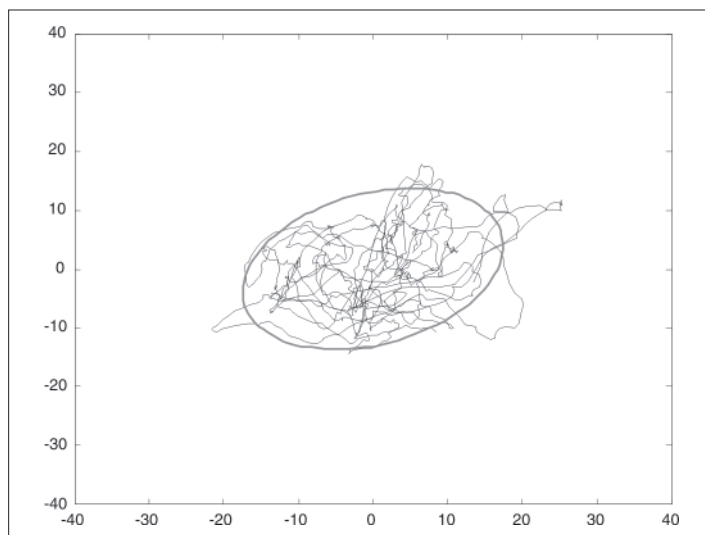


Figura 1 – Exemplo de uma elipse ajustada à trajetória do centro de pressão (CP) nos eixos ântero-posterior e médio-lateral

Para estimativa espectral foi aplicada a transformada discreta de Fourier⁽¹⁶⁾. A frequência média foi calculada na faixa de 0 a 2Hz para cada eixo de deslocamento lateral e ântero-posterior (FMX e FMY, respectivamente).

A velocidade média foi calculada para o deslocamento lateral e ântero-posterior (VELMX, VELMY), através da razão do deslocamento nos eixos em função do tempo de teste. O desvio-padrão da amplitude dos deslocamentos também foi calculado para cada eixo (DPX, DPY). Os valores obtidos pela escala de desconforto também constituíram uma variável (Borg), com valores discretos de 0 a 10.

A análise estatística utilizou o aplicativo *Statistica*[®] 6.0 (StatSoft, EUA). Para comparar os resultados entre os sete períodos de registro dos grupos foi aplicado o teste ANOVA com medidas repetidas e o *post-hoc* HSD de Tukey, com nível de significância de $p < 0.05$.

RESULTADOS

A figura 2 mostra os resultados obtidos pela escala de Borg para os dois grupos, demonstrando desconforto progressivo ao longo do teste, expresso pelos valores médios de 1,6 ± 1,6 e 3,7 ± 2,7 para os atletas e não atletas, respectivamente.

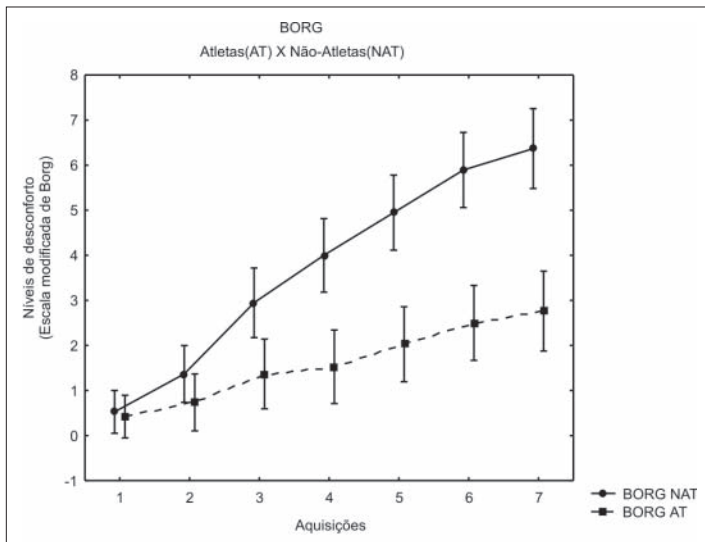


Figura 2 – Nível de desconforto ao longo do teste para os atletas (BORG AT) e não atletas (BORG NAT)

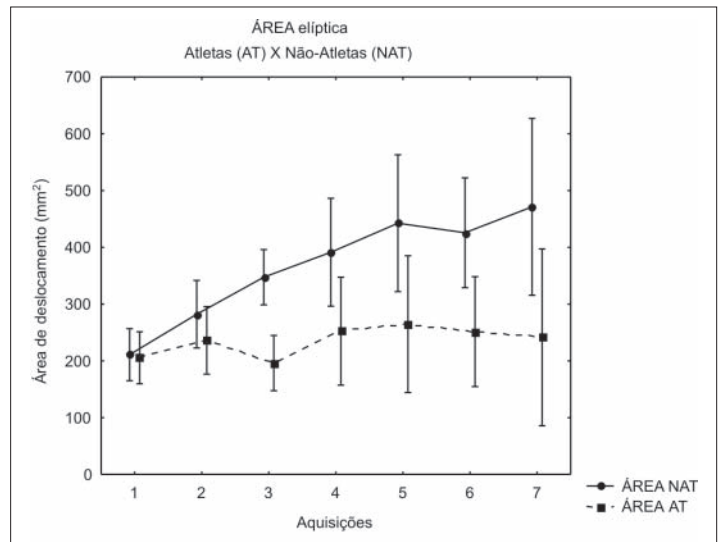


Figura 3 – Área de deslocamento em função do tempo para os dois grupos, atletas (ÁREA AT) e não atletas (ÁREA NAT). Diferença significativa a partir do quinto registro.

TABELA 2
Valores médios para as variáveis desvio-padrão e frequência média, lateral e ântero-posterior (DPX, DPY, FMX e FMY respectivamente), para os dois grupos, no primeiro e no último minuto de teste

	DPX (mm)		DPY (mm)		FMX (Hz)		FMY (Hz)	
	1min	30min	1min	30min	1min	30min	1min	30min
Atletas	3,92 ± 0,96	4,76 ± 1,40	4,20 ± 1,63	4,27 ± 1,60	0,28 ± 0,09	0,23 ± 0,10	0,17 ± 0,06	0,19 ± 0,08
Não-atletas	4,02 ± 0,92	5,13 ± 1,82	4,34 ± 0,98	6,57 ± 4,38	0,22 ± 0,06	0,26 ± 0,08	0,18 ± 0,05	0,18 ± 0,06

TABELA 3
Valores médios e desvio-padrão para as variáveis área e velocidade média nos dois eixos (VELMX e VELMY) para o grupo de não-atletas, nos minutos um, 10, 20 e 30 do teste

	Área (mm²)				VELMX (mm/s)				VELMY (mm/s)			
	1	10	20*	30*	1	10	20*	30*	1	10	20*	30*
Média	210,94	347,42	442,57	471,30	8,48	9,30	10,73	10,96	7,54	8,82	10,06	10,79
DP	77,74	131,61	297,46	447,52	1,08	2,70	2,74	3,87	1,47	1,83	3,02	5,49

* diferença significativa.

A tabela 2 apresenta os valores médios dos parâmetros DPX, DPY e FMX, FMY no primeiro e no último minuto do teste. Esses parâmetros não apresentaram diferenças significativas em nenhum período do teste, tanto entre os grupos como para cada grupo separadamente. Os valores médios para o primeiro, terceiro, quinto e sétimo minuto de aquisição das variáveis AE, VMX e VMY no grupo dos não atletas são apresentados na tabela 3. Comparando esses valores, verificou-se um aumento significativo desses parâmetros ($p < 0,02$ e $p < 0,001$) a partir da metade do teste, 20° e 30° minuto, respectivamente, em relação ao primeiro registro.

Dentro do grupo dos atletas, não foi encontrada diferença estatística para nenhuma variável analisada durante o período de teste. A figura 3 compara os valores médios da área elíptica de deslocamento entre os dois grupos, com resultados mais elevados para o grupo dos não-atletas, porém não significantes estatisticamente. A velocidade média, lateral e ântero-posterior, embora mais acentuada para os não atletas, não foi estatisticamente diferente entre os grupos.

DISCUSSÃO

Apesar de não ser identificada diferença estatística, os deslocamentos nas direções ântero-posterior e lateral do grupo de não-atletas apresentaram um aumento de aproximadamente 51,38% e 27,61%, respectivamente, até o fim do teste (tabela 2). Esse fato pode explicar o aumento significativo da área elíptica de deslocamento ocorrida para esse grupo. O maior desconforto relatado pelos não-atletas, gerado pela persistência da tarefa, pode ter afetado diretamente as variáveis analisadas e os fatores cognitivos associados ao controle postural⁽¹⁾, como a atenção, o que também pode refletir-se na magnitude das oscilações, acentuando as variações da AE.

As alterações encontradas para o grupo dos não-atletas (tabela 3) demonstram que os parâmetros analisados, AE, VMX e VMY, são sensíveis ao desconforto induzido pelo experimento, conferindo aos atletas, que apresentam adaptações fisiológicas provenientes do treinamento intenso, maior capacidade de resistir à fadiga, uma vez que para este grupo não foram verificadas dife-

renças significativas durante o tempo de teste, para todas as variáveis analisadas.

São escassos, na literatura, trabalhos que confrontem o condicionamento físico com parâmetros estabilométricos, sobretudo em testes de longa duração. Simmons⁽¹⁷⁾ verificou que bailarinos apresentam menor latência de resposta às perturbações do equilíbrio, refletindo um controle mais refinado das oscilações posturais pelo treinamento físico, o que pode explicar os valores reduzidos para a AE dos atletas. Os resultados encontrados para área e velocidade média de deslocamento no grupo condicionado são semelhantes aos de outros estudos que aplicaram testes estabilométricos, porém de curta duração, em atletas de diferentes modalidades esportivas, como futebol, judô e ginástica⁽¹⁸⁻²⁰⁾.

Corroborando nossos achados, os trabalhos parecem concordar com o tempo de aproximadamente 15 a 20 minutos, em relação ao aparecimento dos sinais de desconforto e das alterações no deslocamento do CP para indivíduos saudáveis, porém não-atletas. Gandra *et al.*⁽²¹⁾ verificaram um comportamento semelhante do sinal estabilométrico em um grupo de indivíduos jovens, cuja tendência correspondeu ao aumento da área elíptica e da velocidade média de deslocamento ao longo do tempo, demonstrando que a privação da informação visual enfatizou essa diferença, iniciada no 10º minuto de teste. Imbiriba *et al.*⁽¹³⁾ observaram uma relação entre o deslocamento lateral e a sensação de desconforto, quando compararam resultados de indivíduos que permaneceram continuamente de pé sobre a plataforma com os de outros que repousaram durante o teste, a partir do 15º minuto. Esse tempo pode estar relacionado com as alterações fisiológicas envolvidas na manutenção da postura ortostática, devido à influência das forças gravitacionais no débito cardíaco^(22,23). Conforme Guyton⁽²⁾, cerca de 15 a 20% do volume sanguíneo podem ser perdidos pelo sistema circulatório durante os 15 minutos de postura ereta, estática, como ocorre quando um soldado permanece na posição de sentido.

Os atletas apresentaram um padrão diferente de comportamento, insensível ao desconforto, o que exige um tempo maior de teste para evidenciar semelhantes efeitos de fadiga no controle

postural estático. Sendo o remo um esporte composto simultaneamente de uma atividade dinâmica com uma grande aplicação de força, a condição de competidores há pelo menos 4 anos confere aos atletas remadores um desenvolvido sistema muscular e cardiorrespiratório, como descrito na literatura^(24,25), o que pode explicar a característica inalterada das oscilações posturais com o tempo e os baixos valores de desconforto.

Aspectos relacionados ao tempo prolongado de teste, como a natureza do processo de fadiga decorrente do experimento e as variáveis fisiológicas diretamente envolvidas no comportamento peculiar dos parâmetros estabilométricos dos atletas, não puderam ser identificados, representando limitações ao estudo.

CONCLUSÃO

Conclui-se que testes estabilométricos de longa duração são sensíveis ao treinamento, permitindo distinguir indivíduos com elevado grau de condicionamento físico. Os atletas não apresentaram modificações no controle postural estático em função do prolongado tempo de teste, pois se mantiveram dentro do padrão inicial de deslocamento do centro de pressão, expresso pelo comportamento constante dos parâmetros estabilométricos analisados. Porém, no grupo controle, esses parâmetros foram suscetíveis a alterações, ocorridas simultaneamente com o aumento do nível de desconforto. O treinamento físico intenso foi o fator responsável pela característica diferenciada entre os grupos, tanto para os parâmetros de oscilação do CP, identificadas pela estabilometria, como para a sensação de desconforto induzida pela tarefa.

AGRADECIMENTOS

Este estudo contou com o apoio das agências CNPq e FUJB.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

1. Shumway-Cook A, Woollacott M. Motor control: theory and practical applications. 1ª ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 1995.
2. Guyton AC. Tratado de fisiologia médica. 7ª ed. Guanabara Koogan, 1997.
3. Oliveira LF. Análise quantitativa de sinais estabilométricos na avaliação do equilíbrio de gestantes. Tese de Doutorado, Programa de Engenharia Biomédica COPPE/UFRJ: Rio de Janeiro, 1996.
4. Gagey PM, Weber B. Posturologia: Regulação e distúrbios da posição ortostática. 2ª ed. Manole, 2000.
5. Harris GF, Riedel SA, Matesi DV, Smith PA. Signal stationarity in postural stability assessment of children. IEEE Eng Med Biol 1992;11:57-8.
6. Juntunen J, Ylikoski J, Ojala M. Postural body sway and exposure to high-energy impulse noise. Lancet 1987;1:261-4.
7. Prieto TE, Myklebust JB, Myklebust BM. Postural steadiness and ankle compliance in the elderly. IEEE Eng Med Biol 1992;11:25-7.
8. Wooley SM, Rubin AM, Knatner M, Armstrong CW. Differentiation of balance deficits through examination of selected components of static stabilometry. J Otolaryngol 1993;22:899-908.
9. Carpenter M, Frank JS, Winter DA, Peysar GH. Sampling duration effects on centre of pressure summary measures. Gait Posture 2001;13:35-40.
10. Mello RGT, Gandra VD, Oliveira LF, Nadal J. Influência do tempo de aquisição nos parâmetros do sinal estabilométrico. Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica. São José dos Campos, SP 2002;406-10.
11. Chiari L, Rocchi L, Cappello A. Stabilometric parameters are affected by anthropometry and foot placement. Clin Biomech (Bristol, Avon) 2002;17:666-77.
12. Duarte M, Harvey W, Zatsiorsky VM. Stabilographic analysis of unconstrained standing. Ergonomics 2000;43:1824-39.
13. Imbiriba LA, Cruz CR, Mainenti MRM, Magalhães J, Garcia MAC, Oliveira LF, et al. Modification in the postural control during long-term standing. Proceedings of the IV World Congress of Biomechanics, Calgary CA, 2002.
14. Berne RM, Levy MN. Physiology. 3ª ed. Mosby: Year Book, 1993.
15. Morrison DF. Multivariate statistical methods. New York: McGraw Hill, 1976.
16. Marple SL. Digital spectral analysis with applications. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1987.
17. Simmons RW. Neuromuscular responses of trained ballet dancers to postural perturbations. Int J Neurosci 2005;115:1193-203.
18. Ferreira FR, Imbiriba LA, Garcia MAC, Olivera LF, Olivera CG. Alterações do equilíbrio postural após testes ergométricos submáximos em jogadores de futebol. XXII Simpósio Internacional de Ciência do Esporte, São Paulo, 1999.
19. Perrin, P, Deviterne D, Hugel, F, Perrot C. Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control. Gait Posture 2002;15:187-94.
20. Vuillerme N, Danion F, Marin L, Boyadjian A, Prieur JM, Weise I, et al. The effect of expertise in gymnastics on postural control. Neurosci Lett 2001;303:83-6.
21. Gandra VD, Oliveira LF, Nadal J. Efeito da visão no controle postural ortostático em testes estabilométricos de longa duração. Anais do X Congresso Brasileiro de Biomecânica, Ouro Preto, 2003;2:430-3.
22. Jacob G, Biaggioni I, Mosqueda-Garcia R, Robertson RM, Robertson D. Relation of blood volume and blood pressure in orthostatic intolerance. Am J Med Sci 1998;315:95-100.
23. Hermsillo AG, Marquez MF, Jauregui-Renaud K, Cardenas M. Orthostatic hypotension, 2001. Cardiol Rev 2001;9:339-47.
24. Secher NH. Rowing. Endurance in Sport. 1ª ed. Oxford: R.J. Shepard & P.O. Astrand, 1992:563-9.
25. Korner T, Schwanitz P, Ruder. Ed. Berlin: Sportsverlag, 1985.