

Altura percentual do centro de gravidade em canoístas de elite

Percentage height of the center of gravity in elite canoers

LEMOS LFC, RIBEIRO JS, ALVES RF, PRANKE GI, SILVEIRA MC, MOTA CB. Altura percentual do centro de gravidade em canoístas de elite. **R. bras. Ci. e Mov** 2013;21(1):116-122.

RESUMO: O objetivo desse estudo foi comparar a altura do centro de gravidade e características antropométricas de atletas da equipe masculina nacional brasileira de canoagem velocidade com indivíduos não atletas. Compuseram o grupo de estudo oito canoístas da seleção brasileira de canoagem velocidade, oito homens não atletas ativos e oito mulheres não atletas ativas. Para mensurar a altura do centro de gravidade utilizou-se o método chamado de prancha de reação. Os resultados mostraram que os canoístas ($58,04 \pm 0,43\%$) tiveram o percentual do centro de gravidade em relação à sua estatura mais alto que os homens ($57,10 \pm 0,81\%$) e que as mulheres ($55,89 \pm 1,29\%$). Baseado nos achados desse trabalho é possível concluir que os atletas de canoagem velocidade de elite exibem o centro de gravidade corporal mais elevado que homens ativos não atletas e, ambos (canoístas e homens não atletas) possuem o centro de gravidade mais alto que mulheres ativas não atletas.

Palavras-chave: Atletas; Estatura; Antropometria; Biomecânica.

ABSTRACT: The aim of this study was to compare the height of the center of gravity and anthropometric characteristics of male athletes of the canoeing Brazilian team with non-athletes. Eight canoers of the canoeing Brazilian team, eight active non-athlete men and eight active non-athlete women participated in this study group. To measure the height of the center of gravity the plank of reaction method was used. The results showed that the canoers ($58.04 \pm 0.43\%$) had higher percentage of the center of gravity in relation to their height than men ($57.10 \pm 0.81\%$) and women ($55.89 \pm 1.29\%$), respectively. Based on the results of this study it can be concluded that canoeing elite athletes exhibit a more elevated body center of gravity than active non-athletes men, and both (canoers men and non-athletes men) have the center of gravity more elevated than active women.

Key Words: Athletes; Body Height; Anthropometry; Biomechanics.

Luiz F. C. Lemos^{1,2,3}
Joane S. Ribeiro⁴
Rudi F. Alves²
Gabriel I. Pranke³
Mateus C. Silveira³
Carlos B. Mota²

¹UnB
²UFMS
³UFRGS
⁴UFCSPA

Enviado em: 25/12/2012
Aceito em: 01/03/2013

Contato: Luiz Fernando Cuozzo Lemos - luizcanoagem@yahoo.com.br

Introdução

No corpo humano o centro de massa (CM) é o lugar geométrico de todas as massas do corpo e esse coincide com o centro de gravidade (CG) que é o ponto de aplicação do vetor que representa o peso do corpo^{1,2}. No planeta Terra, mesmo sabendo-se que o campo gravitacional não é uniforme, a posição do CG do corpo humano não é modificada em relação ao CM, pois as alterações desse campo gravitacional ao longo da estatura dos indivíduos são mínimas.

Portanto, modificações na altura do CG estão relacionadas com as distintas características físicas individuais dos sujeitos analisados, como, por exemplo, estatura, distribuição da massa corporal, percentual de massa gorda, de massa muscular (magra), comprimento dos segmentos corporais, distribuição das massas ao longo do corpo, entre outras^{1,3}.

A plasticidade neuromuscular faz com que o corpo possa ser modificado em função de estímulos específicos, como, por exemplo, alterações em ângulo de penação, área de seção, aumento de massa magra, entre outras. Diante disso, algumas das variáveis influenciadoras da altura do CG citadas anteriormente podem ser modificadas pela especificidade de distintas práticas esportivas. O treinamento físico fornece uma demanda funciona aos indivíduos, os quais podem se adaptar em função da referida demanda imposta de diferentes formas, por exemplo, com aumento do número de sarcômeros em série, em paralelo, modificações de rigidez muscular, na rigidez passiva do complexo músculo-tendão entre outras⁴⁻⁷.

No esporte canoagem de velocidade o atleta tem que completar uma distância determinada (200 m, 500 m ou 1000 m) com o menor tempo possível⁸. Os canoístas desempenham a técnica da remada no caiaque principalmente com os membros superiores (MMSS), por meio de um remo de duas pás, com as quais o atleta rema dos dois lados do caiaque, numa trajetória simétrica⁸. Desta forma, a principal musculatura envolvida na propulsão da embarcação está localizada na parte superior do corpo do indivíduo (as principais regiões corporais

envolvidas são a abdominal, lombar, peitoral e dorsal), assim, fornecendo estímulos para a hipertrofia muscular⁸.

Especificamente sobre a elevação da posição do CG no corpo humano, Lemos, Teixeira e Mota¹, afirmam que ela pode influenciar negativamente o equilíbrio postural do indivíduo. Somado a isso, pelo menos três estudos recentes tentam explicar os porquês do equilíbrio pior de canoístas inferindo o fato de uma suposta elevação da posição do CG⁸⁻¹⁰. No entanto, nenhum desses estudos verificou especificamente a altura do CG de canoístas de elite e a comparou com a de pessoas não atletas.

Diante do exposto acima, esse artigo buscou comparar a altura do centro de gravidade e características antropométricas de atletas da equipe masculina nacional brasileira de canoagem velocidade com indivíduos não atletas. É esperado como hipótese para os achados que os atletas de canoagem possuam o centro de gravidade mais elevado que os demais grupos do estudo.

Materiais e Métodos

Sujeitos

O grupo de estudo dessa pesquisa foi definido de forma não probabilística e a amostra foi intencional, sendo este composto por 24 indivíduos. Esses indivíduos compuseram três grupos, sendo eles: Grupo 1, composto por oito atletas da seleção brasileira de canoagem velocidade masculina; Grupo 2, composto por oito homens não atletas em idade universitária e com características antropométricas (massa, estatura e IMC) semelhantes às do Grupo 1; Grupo 3, composto por oito mulheres não atletas em idade universitária e com características antropométricas (estatura) semelhante ao Grupo 1, conforme Tabela 1.

O projeto de pesquisa foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Maria sob o protocolo nº 0095.0.243.000-07. Após consentimento para participação da coleta de dados, foi preenchido um questionário para identificação de possíveis fatores de exclusão do estudo como uso de próteses ou qualquer utensílio que pudesse alterar a massa do indivíduo. Para a inclusão nos Grupos 2 e 3 os indivíduos deveriam ainda se adequar ao seguinte

critério de inclusão: serem ativos conforme a recomendação tradicional de no mínimo 150 min semanais (30 min, cinco dias por semana) de atividade física de intensidade leve a moderada¹¹. Para a inclusão no Grupo 1, os canoístas deveriam ter pelo menos 3 anos de prática da modalidade esportiva e no momento da coleta comporem a equipe nacional do Brasil.

Instrumentos

Para determinar o posicionamento do Centro de Gravidade (%CG) do corpo dos voluntários, em relação ao eixo longitudinal no plano transversal, foi utilizado o método da Prancha de Reação, conforme usado por Narciso *et al.*,¹². Foi usado um bloco de madeira da mesma altura da superfície de pesagem da balança, uma balança digital Filizola® com escalas de 0 a 150 kg e sensibilidade de 100 gramas, e uma prancha rígida de 2 m de comprimento por 1 m de largura com suportes pontiagudos e nítidos em ambas as pontas (Figura 1). O avaliado postou-se sobre a prancha de reação em decúbito dorsal e permaneceu imóvel, com os membros superiores ao longo do corpo e respiração tranquila até que as medidas fossem coletadas e anotadas. Antes do início da avaliação, a leitura da balança já marcava o valor zero,

pois o peso da prancha havia sido calculada e retirada como o valor de tara, ou seja, o valor subtraído do total.

O cálculo dessas medidas de localização do plano que contém o centro de gravidade envolveu a soma dos torques que atuaram ao redor do apoio da plataforma de mesma altura da superfície de pesagem da balança. Os valores da leitura da balança, o peso corporal do voluntário e a distância entre os apoios são levados a uma equação, na qual o somatório de todos os torques foi igual a zero (equilíbrio estático). A distância entre a força de reação do ponto referencial (apoio) situado sobre a balança e o apoio da plataforma (eixo) será sempre zero, o que fisicamente corresponde à origem dos pontos.

Por isso, mesmo considerando que o apoio da plataforma também exerça uma força de reação sobre a prancha, ela não cria torque. Com a prancha de reação e o indivíduo em equilíbrio estático, pôde ser calculada a distância entre o plano do CG do indivíduo e o eixo, correspondendo à altura do CG de acordo com a equação 1 demonstrada na Figura 1. Esta medida da distância entre o plano do CG e o indivíduo foi anotada. Ao final deste cálculo, obteve-se o valor de “d” em escala métrica, mas para transformá-lo em percentual de altura (%), foi utilizada a equação 2, também demonstrada na Figura 1.

$$\text{Equação 1: } \sum T=0 \rightarrow MC(P) \cdot d - B \cdot D = 0 \rightarrow d = B \cdot D / MC(P)$$

$$\text{Equação 2: } \%CG = d \cdot 100 / \text{estatura}$$

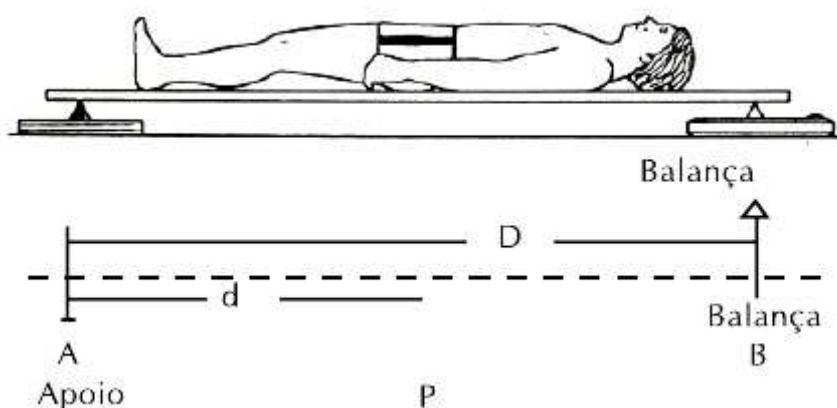


Figura 1. Método da Prancha de Reação e equações aplicadas aos dados obtidos, onde: d = posição do CG (em metro); B = Leitura da balança (kg); P = Massa Corporal (kg); D= distância conhecida entre os dois apoios pontiagudos (m); MC= massa corporal

Análise dos dados

A normalidade dos dados foi verificada utilizando-se o teste Shapiro-Wilk. Para a comparação entre os três grupos, como foi verificada a normalidade na distribuição dos dados, foi utilizado o teste Anova One-Way. O Post-Hoc utilizado foi o de Tukey. O nível de significância utilizado para todos os testes foi de 5%.

Resultados

Tabela 1. Caracterização dos grupos do estudo (Grupo 1 = Canoístas de elite; Grupo 2 = Homens não atletas; Grupo 3 = Mulheres não atletas), além das comparações entre idade, estatura, massa, índice de massa corporal (IMC) e percentual de estatura do centro de gravidade (% CG), expressos através de média e desvio-padrão

Variáveis	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		p-valor
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	
Idade (anos)	22,00	3,16	22,75	2,82	22,12	2,17	0,886
Massa (kg)	81,19 ^a	8,07	77,31 ^a	9,70	63,41 ^b	5,45	0,001*
Estatura (m)	1,76	0,05	1,77	0,06	1,74	0,02	0,534
% CG	58,04 ^a	0,43	57,10 ^b	0,81	55,89 ^c	1,29	0,001*
IMC (kg/m ²)	26,16 ^a	2,16	24,72 ^a	2,95	20,96 ^b	1,75	0,001*

*Indica diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$); Letras diferentes ^{a,b,c} indicam diferenças significativas pelo Post-Hoc de Tukey; Grupo 1 = Canoísta de elite; Grupo 2 = Homens; Grupo 3 = Mulheres

Discussão

Mesmo que o número de indivíduos que participaram dessa pesquisa possa ser considerado como uma limitação para os achados, os resultados vão ao encontro das especulações e inferências feitas por alguns estudos recentes⁸⁻¹⁰.

Os estudos mencionados⁸⁻¹⁰ avaliaram o controle postural (equilíbrio em repouso) de canoístas experientes e encontraram para atletas mais experientes de canoagem os piores resultados para o equilíbrio. Baseado no estudo de Lemos, Teixeira e Mota¹, a altura do CG é considerada como fator interveniente para o controle postural e, portanto, quanto mais alto o valor percentual do CG maior é a dificuldade para a manutenção do equilíbrio postural. Isso pode ser mais bem entendido pela equação do torque sobre a articulação do tornozelo (torque = força vezes a distancia perpendicular)³. Quando há uma elevação da localização do CG (distancia perpendicular), uma menor força aplicada sobre o corpo do indivíduo pode deslocar o CG mais facilmente para as extremidades da base de sustentação, desta forma, causando desequilíbrios que precisam ser corrigidos para evitar uma queda, seja com a

A Tabela 1 apresenta todos os dados de caracterização dos grupos de estudo (IMC, idade, massa e estatura), bem como os valores da altura percentual do centro de gravidade dos indivíduos dos três grupos. Além disso, na Tabela 1, têm-se as comparações entre os grupos e os achados após o teste de Post-hoc de Tukey.

estratégia do tornozelo, quadril ou mesmo a do passo (início da marcha)^{3,12-14}.

Alterações na distribuição de massa corporais são evidentemente uma das razões para que haja modificações da posição do CG no corpo humano e essas modificações estão relacionadas com a demanda funcional executadas pelos indivíduos. Nesse sentido, canoístas de elite treinam aproximadamente de seis a oito horas diárias, sendo que desse tempo grande parte é executado com o treinamento específico dentro da embarcação¹⁵. A fonte de propulsão do caiaque é oriunda pelas remadas cíclicas geradas principalmente pela contração de músculos dos segmentos superiores do corpo dos canoístas. Desta forma, ocorre uma maior hipertrofia muscular desse segmento corporal, o que por sua vez faz com que a posição do CG seja elevada¹⁶.

Segundo Enoka¹⁷, em indivíduo adulto em posição anatômica, ereta e estática (posição semelhante utilizada nesse trabalho), o CG encontra-se ligeiramente anterior à segunda vértebra sacral, próximo aos quadris e aproximadamente, a 55% da sua estatura. Quando analisado os valores para os indivíduos não atletas, as mulheres do presente estudo obtiveram alturas percentuais médias do CG similares ao exposto por Enoka¹⁷

(55,89%). Os indivíduos do Grupo 2 apresentaram valores superiores estatisticamente aos do Grupo 3, o que é apontado na literatura como normal¹. Alguns autores afirmam que em função das variações antropométricas e dos segmentos corporais existem alterações na localização do CG, o qual é encontrado mais alto no homem devido à maior largura dos ombros e mais baixo nas mulheres (Grupo 3) por apresentarem os quadris mais largos^{1,12,17}.

É importante notar que mesmo sendo selecionadas mulheres mais altas, como forma de tentar padronizar algumas das variáveis antropométricas no presente estudo, a diferença na altura do CG perdurou entre os sexos. Soma-se a isso ainda que em indivíduos mais altos o CG se encontra ligeiramente elevado, o qual pode gerar desequilíbrio, pois há uma tênue relação entre estatura corporal e CG, podendo interferir no equilíbrio postural e predispor o indivíduo a quedas^{1,18}.

Verificando os achados para os canoístas e para o Grupo 2 é importante salientar o fato de que ambos os grupos apresentaram massa, estatura e IMC sem diferenças significativas. Nesse sentido, a diferença estatística na altura percentual do CG entre esses dois grupos é explicada em sua totalidade por uma distinta distribuição das massas corpóreas. Essas diferenças na distribuição, portanto, devem ser oriundas da especificidade do treinamento físico, como visto em outros estudos sobre a plasticidade neuromuscular, proporcionando aumento do número de sarcômeros em série e em paralelo, o que representam um aumento de volume muscular (hipertrofia)⁴⁻⁷.

Esse aumento de sarcômeros em série e em paralelo ocorre, pois na canoagem os atletas precisam de força somada com as altas velocidades, portanto de potência muscular¹⁹⁻²¹. Para que haja a maior potência, o músculo aumenta a área de secção transversa (sarcômeros em paralelos) e aumenta o comprimento dos fascículos (sarcômeros em série)⁵.

Analizando os valores da altura percentual do CG do estudo de Narciso *et al.*,¹² percebe-se que esses foram similares aos do Grupo 2 do presente estudo. No entanto, nesse trabalho foram avaliados grupos de idosos com idades médias de 65 e de 70 anos de idade e, na

maioria, composto por mulheres idosas, portanto, essa comparação tem apenas um caráter informativo e numérico, pois os grupos do presente estudo e do estudo de Narciso *et al.*,¹² são bastante diferentes. Além disso, Narciso *et al.*,¹² afirmam que em função do envelhecimento existe o aumento da altura do CG pela maior quantidade de gordura centralizada (57%).

No entanto, fazendo essa comparação dos achados do presente trabalho com os de Narciso *et al.*,¹² percebe-se que os canoístas de elite possuem o CG mais alto mesmo que quando comparado com os idosos de IMC classificado como obesos.

Isso mais uma vez fortalece os achados de estudos recentes sobre maior dificuldade na manutenção do controle postural de canoístas⁸⁻¹⁰. Assim, essa relação da posição do CG com o equilíbrio pode influenciar em diversos grupos estudados, como, por exemplo, pessoas com problemas de visão e sua postura²², adultos em diferentes idades²³, gestantes²⁴, pessoas com dor lombar^{8,25}, obesos²⁶, entre outros.

Essa questão do equilíbrio é salientada no estudo de Rosker, Markovic e Sarabon³, no qual os autores realizaram acréscimo de 10 kg e 30 kg na massa corporal dos indivíduos em duas posições diferentes (situações distintas), sendo essas: na altura dos ombros e entre as coxas. Desta forma os autores tiveram cinco condições testadas, sendo que duas delas baixavam o CG dos indivíduos (30 e 10 kg), uma na posição real e mais duas elevando o CG (10 e 30 kg)³. Os resultados mostraram tanto em amplitude como em velocidade de deslocamento do centro de pressão os valores foram crescentes quase linearmente. As justificativas para os referidos achados estão relacionadas com o estudo de Winter¹⁴, no qual o corpo humano é comparado como um pêndulo invertido (direção ântero-posterior) e, com modificações da posição do CG se modifica o torque passivo necessário para corrigir as oscilações³. Portanto, canoístas com o CG mais alto devem exercer maiores torques passivos para que consigam a manutenção da postura e do controle postural “estático”.

Conclusão

Baseado nos achados desse trabalho é possível concluir que atletas de canoagem velocidade de elite têm o centro de gravidade corporal mais elevado que homens ativos não atletas e, ambos (canoístas e homens não atletas) possuem o centro de gravidade mais alto que mulheres ativas não atletas.

Logo, o controle do equilíbrio postural pode ser modificado negativamente em função da altura do centro de gravidade, portanto, baseado nessa variável, as mulheres teriam o melhor controle postural, seguidas pelos homens e, por último, os canoístas.

No entanto, deve-se realizar novos estudos para um maior entendimento sobre o controle postural e sua modificação em função do centro de gravidade.

Referências

1. Lemos Lfc, Teixeira Cs, Mota Cb. Uma revisão sobre centro de gravidade e equilíbrio corporal. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento** 2009;17(4):83-90.
2. Duarte M. Análise estabilográfica da postura ereta humana quasi-estática. [Tese de livre docência na área de biomecânica]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2000.
3. Rosker J, Markovic G, Sarabon N. Effects of vertical center of mass redistribution on body sway parameters during quiet standing. **Gait & Posture** 2011;33:452–456.
4. Sbriccoli P, Camomilla V, Di Mario A, Quinzi F, Figura F, Felici F. Neuromuscular control adaptations in elite athletes: the case of top level Karateka. **European Journal Applied Physiology** 2010;108:1269-1280.
5. Herzog W. The biomechanics of muscle contraction: optimizing sport performance. **Sport ortho trauma** 2009; 25, 286–293.
6. Arampatzis A, De Monte G, Karamanidis K, Morey-Klapsing G, Stafilidis S, Brüggemann GP. Influence of the muscle-tendon unit's mechanical and morphological properties on running economy. **The Journal of Experimental Biology** 2006;209(17):3345-57.
7. Frasson VB, Rassier DE, Herzog W, Vaz MA. Dosiflexor and plantarflexor torque-angle and torque-velocity relationships of classical ballet dancers and volleyball players. **Brazilian Journal of Biomechanics** 2007;8(14):31-37.
8. Lemos LFC, Teixeira CS, Mota CB. Lombalgia e o equilíbrio corporal de atletas da seleção brasileira feminina de canoagem velocidade. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano** 2010;12(6):457-63.
9. Lemos LFC, Silveira MC, David AC, Teixeira CS, Mota CB. Comparação do equilíbrio postural de mulheres fisicamente ativas e canoístas profissionais. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento** 2012;20(3):100-104.
10. Lemos LFC, Teixeira CS, David AC, Mota CB. Equilíbrio postural de atletas da seleção brasileira feminina de canoagem velocidade. **Brazilian Journal of Biomechanics** 2009;9(18):22-8.
11. ACSM - American College of Sports Medicine, ACSM stand position on the appropriate intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise** 2001;33(12): 2145-56.
12. Narciso FV, Santos SS, Ferreira F, Lemos VS, Baraúna MA, Cheik NC, Canto RST. Altura percentual do centro de gravidade e número de quedas em idosos ativos e sedentários. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano** 2010; 12(4):302-307.
13. Mochizuki L, Amadio AC. Aspectos biomecânicos da postura ereta: a relação entre o centro de massa e o centro de pressão. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto** 2003;3(3):77-83.
14. Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. **Gait & Posture** 1995;3:193-214.
15. Borges TO. Canoagem Velocidade: Dinâmica das cargas de treinamento no macrociclo e a dinâmica da alteração de marcadores funcionais externos. [Dissertação de Mestrado – Programa de pós-graduação em Educação Física]. Campinas (SP): Universidade Estadual de Campinas; 2008.
16. Folland JP, Williams AG. The Adaptations to strength training morphological and neurological contributions to increased strength. **Sports Med** 2007; 37 (2): 145-168.
17. Enoka RM. Bases neuromecânicas da cinesiologia. 2ª ed. São Paulo: Manole, 2000.
18. Hall SJ. Biomecânica Básica. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2005.
19. Cadore EL, Pinto RS, Krue LFM. Adaptações neuromusculares ao treinamento de força e concorrente em homens idosos. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano** 2012; 14(4):483-495.
20. Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. Developing maximal neuromuscular power: Part 1 - Biological basis of maximal power production. **Sports Medicine** 2011;41(1):17-38.
21. Kawakami Y. The effects os Strengh Training on Muscle Architecture in Humans. **International Journal of Sport and Health Science** 2005;3:208-17.
22. Meereis ECW, Lemos LFC, Pranke GI, Alves RF, Teixeira CS, Mota CB. Deficiência visual: uma revisão focada no equilíbrio postural, desenvolvimento psicomotor e intervenções. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento** 2011;19(1):108-113.

23. Lemos LFC, David AC, Mota CB. Equilíbrio postural de mulheres adultas em duas faixas etárias distintas. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento** 2011;19(3):51-57.
24. Mann L, Kleinpaul JF, Teixeira CS, Lopes LFD, Konopka CK, Mota CB. Gestação: equilíbrio postural, dor lombar e quedas. **Revista Brasileira de Biomecânica** 2009;9(18):14-21.
25. Mann L, Kleinpaul JF, Moro AR, Mota CB, Carpes FP. Effect of low back pain on postural stability in younger women: Influence of visual deprivation. **Journal of Bodywork & Movement Therapies** 2010;14:361-6.
26. Lemos LFC, David AC, Teixeira CS, Mota CB. Obesidade infantil e suas relações com o equilíbrio corporal. **Acta Fisiátrica** 2009; 16(3): 138-141.