

Relação entre composição corporal e densidade mineral óssea em jovens universitários com diferentes estados nutricionais

Relation between body composition and bone mineral density in young undergraduate students with different nutritional status

Edil de Albuquerque Rodrigues Filho², Marcos André Moura dos Santos¹, Amanda Tabosa Pereira da Silva², Breno Quintella Farah¹, Manoel da Cunha Costa¹, Florisbela de Arruda Camara e Siqueira Campos², Ana Patrícia Siqueira Tavares Falcão¹

RESUMO

Objetivo: Examinar a relação entre as gorduras corporal total e corporal segmentar com a densidade mineral óssea e conteúdo mineral ósseo em jovens universitários estratificados segundo o estado nutricional.

Métodos: Participaram do estudo 45 estudantes homens entre 20 e 30 anos de idade. Foram realizadas avaliações da composição corporal, densidade mineral óssea e conteúdo mineral ósseo (total e segmentado) foram avaliados por meio da absorptometria radiológica de dupla energia. Os sujeitos foram divididos em três grupos (eutrófico, sobrepeso e obesos). **Resultados:** Os obesos tiveram maiores valores médios nas variáveis de densidade mineral óssea, conteúdo mineral ósseo e gordura relativa comparativamente aos eutróficos e àqueles com sobrepeso ($p < 0,05$ para todos), exceto no conteúdo mineral ósseo nos membros superiores. A gordura relativa total, bem como segmentar (membros inferiores e tronco), correlacionou-se positivamente com a densidade mineral óssea somente nos sobrepesados ($p < 0,05$ para todos). Nos eutróficos e obesos, a gordura dos membros superiores foi correlacionada negativamente com o conteúdo mineral ósseo ($p < 0,05$). **Conclusão:** Gordura corporal total e gordura corporal segmentada estiveram relacionadas com a densidade mineral óssea e o conteúdo mineral ósseo em jovens universitários masculinos, sobretudo em indivíduos com sobrepeso.

Descritores: Estado nutricional; Densidade óssea; Adultos

ABSTRACT

Objective: To investigate the relationship between total and segmental body fat, bone mineral density and bone mineral content

in undergraduate students stratified according to nutritional status.

Methods: The study included 45 male undergraduate students aged between 20 and 30 years. Total and segmental body composition, bone mineral density and bone mineral content assessments were performed using dual energy X-ray absorptiometry. Subjects were allocated into three groups (eutrophic, overweight and obese). **Results:** With the exception of upper limb bone mineral content, significantly higher ($p < 0.05$) mean bone mineral density, bone mineral content, and relative body fat values were documented in the obese group. Total body and segmental relative body fat (lower limbs and trunk) were positively correlated ($p < 0.05$) with bone mineral density in the overweight group. Upper limb fat was negatively correlated ($p < 0.05$) with bone mineral content in the normal and eutrophic groups. **Conclusion:** Total body and segmental body fat were correlated with bone mineral density and bone mineral content in male undergraduate students, particularly in overweight individuals.

Keywords: Nutritional status; Bone density; Adults

INTRODUÇÃO

A densidade mineral óssea (DMO) é o resultado de um processo dinâmico de formação e reabsorção do tecido ósseo, conhecido como remodelação. A massa óssea é relatada em termos de conteúdo mineral ósseo (CMO), em gramas ou quilogramas, e a DMO, em g/cm^2 , sendo que ambos podem ser influenciados pelo tamanho do osso.

¹ Universidade de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

² Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

Autor correspondente: Marcos André Moura dos Santos – Rua Arnóbio Marques, 310 – Santo Amaro – CEP: 50100-130 – Recife, PE, Brasil – Tel.: (81) 3183-3354 – E-mail: mmoura23@gmail.com

Data de submissão: 29/10/2015 – Data de aceite: 22/1/2016

Conflitos de interesse: não há.

DOI: 10.1590/S1679-45082016AO3569

A manutenção da DMO é muito importante para a prevenção da osteoporose, que se caracteriza por uma diminuição acentuada da DMO, na qual a matriz e os minerais ósseos são perdidos devido ao excesso de reabsorção óssea em relação à formação.^(1,2) Para que ocorra uma adequação da mineralização óssea, três prováveis fatores devem se inter-relacionar: os níveis de hormônios circulantes que agem no processo de calcificação, a sobrecarga mecânica imposta ao esqueleto, além da ingestão adequada de cálcio e vitamina D, e sua produção.^(2,3)

No entanto, alguns estudos têm explorado e discutido o efeito dos parâmetros da composição corporal (massa gorda, índice de massa gorda, massa magra e o índice de massa magra) sobre a DMO.^(4,5) Para Kang et al.,⁽⁶⁾ a massa magra total é um determinante positivo para o aumento da DMO, enquanto que o papel da massa gorda total ainda é controverso. No entanto, estudos indicam que a massa gorda total também atua positivamente sobre a DMO, sugerindo que a gordura pode ser substrato para conversão de andrógenos para estrógenos,⁽⁷⁾ que estão relacionados com a DMO.^(8,9)

Todavia, a relação entre a gordura localizada nos membros inferiores, nos superiores e no tronco com a DMO e o CMO tem sido superficialmente investigada, sobretudo nos diferentes níveis de estado nutricional, que, de alguma forma, reflete uma exposição às condições oferecidas pelo ambiente atual. Neste cenário, tem sido descrito que indivíduos com baixo índice de massa corporal (IMC) apresentam menores valores de DMO, enquanto que indivíduos com sobrepeso e obesos apresentam níveis elevados de DMO, demonstrando que os indivíduos acima do peso têm maior proteção em relação a osteoporose e fraturas comparados aos seus pares eutróficos ou com baixo peso.^(10,11)

OBJETIVO

Examinar a relação entre as gorduras corporal total e corporal segmentar com a densidade mineral óssea e conteúdo mineral ósseo em jovens universitários estratificados segundo o estado nutricional.

MÉTODOS

Amostra

Este estudo caracteriza-se como transversal descritivo e correlacional.⁽¹²⁾ A amostra não probabilística e intencional foi composta por 45 estudantes universitários homens, com idades entre 20 e 30 anos, que aceitaram participar de forma voluntária do estudo, obedecendo aos critérios de inclusão estabelecidos: sexo masculi-

no, adulto jovem, e estar dentro das categorias do IMC consideradas como eutrófico, sobrepeso e obeso.⁽¹³⁾ Foram critérios de exclusão: indivíduos que apresentaram algum problema de ordem física, temporário ou permanente; e que impedissem a realização da absorptometria radiológica de dupla energia (DEXA); como amputação, ser portador de marca-passo ou qualquer metal no corpo, além da utilização de medicamentos renais.

Procedimentos

Inicialmente, os indivíduos foram devidamente esclarecidos sobre os objetivos e os procedimentos adotados na pesquisa. Em seguida, foram agendados horários no Laboratório de Avaliação da *Performance Humana*, onde foram realizadas as avaliações antropométricas. Os exames DEXA foram realizados no Laboratório Albuquerque do Ó, em horário padrão, entre 10 e 14h. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), com o registro número 281/2004.

Antropometria e composição corporal

Todas as avaliações antropométricas e da composição corporal foram tomadas utilizando técnicas convencionais descritas pela *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (ISAK).⁽¹⁴⁾ A massa corporal foi medida em uma balança de plataforma (Filizola®, Brasil), com carga máxima de 150kg e precisão de 0,1kg. Os sujeitos deveriam estar descalços e usando um menor número de roupas. Para a medida de estatura, foi utilizado um estadiômetro de madeira fixado à parede com precisão de 0,1cm. O IMC foi calculado dividindo-se a massa corporal pela estatura ao quadrado [massa (kg)/altura²(m)]. Com base nos valores encontrados no IMC, os indivíduos foram subdivididos em três grupos distintos. O primeiro grupo foi caracterizado como eutrófico (IMC entre 18,5 e 24,9kg/m²), sobrepeso (IMC entre 25,0 e 29,9kg/m²) e obeso (IMC acima de 30,0kg/m²).⁽¹³⁾

Para a avaliação da composição corporal, foi utilizado o método de densitometria corporal. A técnica empregada foi a DEXA, com equipamento modelo *Boné Densitometer Pencil-beam DPX Lunar Radiation* (Madison, WI. USA), utilizando *software* 3.65. A dose de radiação recebida é menor do que 1,0 mRem. Todos os exames foram realizados pelo mesmo técnico em radiologia. Dessa forma foram quantificadas as variáveis DMO, CMO total (CMO_{total}) e segmentado (CMO_{sup}, CMO_{inf} e CMO_{tronco}), porcentual de gordura (%G_{total}) e segmentar (%G_{tronco}, %G_{inf} e %G_{sup}).

Análise estatística

Previamente ao início da análise, a normalidade dos dados numéricos foi analisada por meio dos testes de Kolmogorov-Smirnov. Uma análise exploratória foi realizada para identificar informações inconsistentes, como também a presença de *outliers*. Os dados da estatística descritiva estão apresentados em média e desvio padrão ($M \pm DP$). Para a comparação das variáveis antropométricas e da composição corporal ($\%G_{total}$, $\%G_{sup}$, $\%G_{inf}$, $\%G_{tronco}$, DMO_{total} , CMO_{sup} , CMO_{inf} e CMO_{tronco}), utilizou-se Análise de Variância (ANOVA) para medidas repetidas, seguida de teste Bonferroni, como *post hoc*. O coeficiente de correlação momento-produto de Pearson foi adotado para análise da correlação entre a composição corporal, a DMO e o CMO, total e por segmentos. Em todas as análises, o nível de significância de 5% foi utilizado. Para a análise estatística, utilizou-se o *software Statistical Package for Social Science* (SPSS) para Windows, versão 17.0.

RESULTADOS

A tabela 1 apresenta os valores médios encontrados em cada variável estratificados por grupo. Em todas as variáveis, exceto no CMO_{sup} , os obesos foram os que apresentaram os maiores valores, comparativamente aos grupos eutrófico e com sobrepeso.

Tabela 1. Indicadores antropométricos, composição corporal e conteúdo mineral ósseo estratificado pelo estado nutricional

Variáveis	Eutróficos n=16	Sobrepeso n=15	Obesos n=14
Massa corporal (kg)	70,0±5,1	83,1±5,9*	98,5±7,2*†
Estatura (cm)	175,9±5,8	174,6±4	176,0±5,7
Índice de massa corporal (kg/m ²)	22,6±1,5	27,2±1,0*	31,7±1,3*†
Gordura relativa total (%)	19,6±6,9	30,6±5,7*	35,4±4,6*
Gordura relativa do braço (%)	15,6±7,3	33,1±7,6*	41,5±8,0*†
Gordura relativa da perna (%)	20,3±6,7	28,5±5,9*	33,5±4,8*
Gordura relativa do tronco (%)	20,0±7,1	31,3±5,2*	34,2±3,4*
Densidade mineral óssea total (g/cm ²)	1,170±0,05	1,234±0,05*	1,253±0,52*
Conteúdo mineral ósseo superior (kg)	0,36±0,05	0,38±0,02	0,30±0,06*
Conteúdo mineral ósseo inferior (kg)	1,11±0,12	1,21±0,12	1,29±0,14*
Conteúdo mineral ósseo tronco (kg)	0,96±0,11	1,02±0,10	1,08±0,10*

*Diferença significativa entre eutrófico; †diferença significativa entre sobrepeso; p<0,05. Média ± desvio padrão.

Para verificar a relação entre a composição corporal e a DMO_{total} , foi realizada uma análise em toda amostra e em cada grupo. Em toda amostra, houve correlação significativa positiva entre a DMO e o percentual de gordura. Essa correlação também foi observada no grupo sobrepeso (Figura 1).

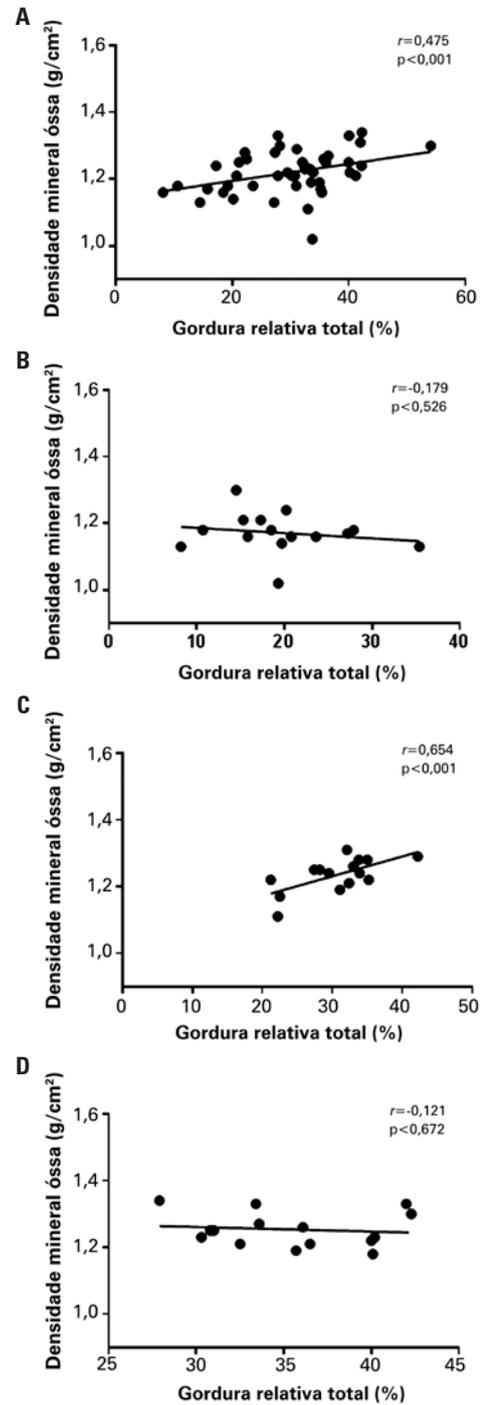


Figura 1. Correlação entre a gordura relativa total e a densidade mineral óssea. (A) Todos os indivíduos; (B) eutróficos; (C) sobrepeso; (D) obesos

Com a finalidade de verificar a influência do estado nutricional em relação ao percentual de gordura, a DMO e CMO total e por segmentos, foi realizada uma análise de correlação em cada grupo estudado. Os resultados demonstraram existência de correlações, mas com magnitudes diferenciadas entre os grupos. Em toda amostra, o $\%G_{total}$ e os percentuais por segmentos apresentaram correlação significativa positiva com

DMO_{total} e CMO_{inf}; CMO_{sup} correlacionou-se negativamente com %Gord_{inf} e %Gord_{sup}. Nos eutróficos, o %Gord_{sup} se correlacionou negativamente com CMO_{sup}. No grupo sobrepeso, a DMO_{total} apresentou correlação

significativa positiva com %Gord_{total} e segmentar. Já no grupo dos obesos, a correlação foi negativa e ocorreu entre o CMO_{sup} e a composição corporal total e por segmentos (Tabela 2).

Tabela 2. Correlação (correlação de Pearson - coeficiente *r*) entre o percentual de gordura, a densidade mineral óssea e o conteúdo mineral ósseo

	Todos				Eutrófico				Sobrepeso				Obeso			
	DMO _{total}	CMO _{tronco}	CMO _{inf}	CMO _{sup}	DMO _{total}	CMO _{tronco}	CMO _{inf}	CMO _{sup}	DMO _{total}	CMO _{tronco}	CMO _{inf}	CMO _{sup}	DMO _{total}	CMO _{tronco}	CMO _{inf}	CMO _{sup}
%G _{total}	0,512*	0,284	0,359†	-0,477	-0,212	-0,331	-0,262	-0,401	0,680*	0,083	0,188	-0,227	-0,258	-0,187	0,123	-0,892*
%G _{inf}	0,438*	0,289	0,378*	-0,544*	-0,138	-0,261	-0,232	-0,499	0,632†	0,299	0,190	-0,008	-0,187	-0,039	0,222	-0,731*
%G _{sup}	0,512*	0,266	0,384*	-0,585*	-0,288	-0,460	-0,427	-0,599†	0,603†	-0,003	-0,066	-0,031	0,060	-0,035	0,202	-0,869*

*Correlação significante <0,001; †correlação significantes <0,05. %G_{tronco}: percentual de gordura do tronco; %G_{inf}: percentual de gordura de membros inferiores; %G_{sup}: percentual de gordura de membros superiores.

DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi examinar a relação entre a composição corporal total e segmentada, a DMO, e o CMO_{total} e por segmentos em jovens universitários estratificados de acordo com seu IMC. Os resultados demonstraram que o percentual de gordura correlacionou-se positivamente com DMO em todos os sujeitos e no grupo sobrepeso. Porém, quando essas análises foram realizadas em cada grupo e por segmentos, foram identificadas correlações significativas, sendo que tais relações ocorrem em segmentos corporais específicos com grau e magnitudes diferenciados, segundo o IMC.

Muitos fatores parecem influenciar na DMO e CMO. No entanto, o peso corporal parece ser um determinante importante da DMO.⁽¹⁵⁾ No presente estudo, apesar de o peso corporal não ter sido o objeto central nas análises de correlação, sua participação está implícita às análises, uma vez que a composição corporal sofre alterações em detrimento das variações do peso corporal. Neste contexto, foi possível observar que os parâmetros antropométricos, da composição corporal total e por segmentos, a DMO e CMO total e regionais, aumentaram gradualmente e significativamente quando os grupos foram comparados. No entanto, os obesos foram os que apresentaram o menor CMO_{sup}.

Neste contexto, Dishman et al.⁽¹⁶⁾ destacam que indivíduos que apresentam maiores valores em relação à massa corporal são os que também apresentam maior CMO. Em estudo realizado em homens e mulheres idosas com baixa massa corporal e massa corporal normal, Coin et al.⁽¹⁷⁾ constataram que as mulheres com baixa massa corporal apresentaram alto risco para fraturas, além de reduções significativas da DMO, levando à osteoporose. O esqueleto tem grande capacidade de adaptação aos estímulos, de modo que o excesso de peso representado tanto pela gordura corporal, como

pelo tecido musculoesquelético, exerce força mecânica sobre os ossos, estimulando a osteogênese.⁽¹⁸⁾

Um aspecto que se destaca para os resultados do presente estudo refere-se ao fato de não ter sido utilizado um modelo de análise tendo por base os valores da composição corporal de forma fragmentada (por exemplo: massa gorda e massa isenta de gordura), mas a composição por segmentos. Outro aspecto é a existência de poucos estudos com jovens universitários masculinos, o que dificulta e limita, ao menos em parte, as comparações e as ilações que possam ser realizadas.

No presente estudo, inicialmente os sujeitos foram analisados conjuntamente, em relação à gordura corporal relativa e à DMO. Neste cenário, os resultados encontrados tornam o grupo e as variáveis estudadas muito heterogêneos e, desse modo, aumentam o espectro de variação na população, quando analisada conjuntamente. Assim, é possível que haja uma influência do fator grupo sobre as relações, pois as análises realizadas em cada grupo ocorreram de forma distinta entre os componentes estudados. Neste sentido, Raudenbush et al.⁽¹⁹⁾ destacam que um baixo coeficiente de variação para a faixa de valores de uma ou mais variáveis pode determinar um coeficiente de correlação próximo de zero quando se relaciona uma variável com a outra, afetando a direção dessas relações.

Kang et al.,⁽⁶⁾ por exemplo, verificaram em homens adultos (n=503; 20 a 89 anos de idade), estratificados segundo diferentes critérios para obesidade, que a gordura relativa e a massa isenta de gordura estiveram positivamente relacionados com a DMO em diferentes locais do corpo em todos os sujeitos. Isso, porém, ocorreu de forma significativamente negativa no grupo com sobrepeso.

A composição corporal consiste basicamente em dois componentes – massa gorda e massa magra. Uma variedade de estudos anteriores examinou as associa-

ções entre as medidas da composição corporal e da DMO.⁽²⁰⁾ No entanto, o efeito relativo de cada componente sobre a DMO permanece controverso. Embora a massa magra seja fortemente relacionada com a DMO em homens,^(20,21) também há relatos de que a massa de gordura está positivamente relacionada com a DMO.^(20,22)

No presente estudo, foi verificada a existência de correlações, porém a magnitude não foi a mesma entre os grupos. Por exemplo, nos eutróficos, a relação ocorreu negativamente entre $\%Gord_{sup}$ e CMO_{sup} . No grupo com sobrepeso, a relação foi positiva, mas ocorreu entre o $\%Gord_{total}$ e segmentar, apenas com a DMO. Já entre os obesos, o $\%Gord_{total}$ e segmentar, e o CMO_{sup} foram correlacionados negativamente. Esses achados suportam a ideia da influência da composição corporal e da distribuição da gordura na explicação das relações com a DMO e CMO.

Notadamente, estudos que analisam as respostas do parâmetros da composição corporal e DMO e CMO, utilizam o percentual de gordura, a massa gorda e a massa magra, na tentativa de encontrar o melhor preditor dessas relações. No nosso entendimento, contudo, existe um aspecto que deve ser considerado quando essas relações são analisadas. Por exemplo, os estudos não reportam a existência de colinearidade entre as variáveis analisadas, o que pode representar uma superposição das variáveis, na explicação das relações uma com a outra e, desse modo, analisando aspectos similares.

No entanto, as mudanças que ocorrem na composição corporal com a idade refletem um aumento de massa gorda em ambos os sexos, enquanto que ocorre um declínio na massa magra. Neste contexto, existe um questionamento sobre o quanto da alteração relacionada à idade na composição corporal afetaria a DMO e CMO de forma diferente em homens mais jovens e mais velhos.⁽²⁰⁾ Além disso, o aparecimento e a taxa de perda de massa óssea em vários locais do esqueleto são bastante diferentes, sendo também razoável supor que a contribuição relativa da massa magra e gordura possa variar com locais do esqueleto.^(20,21)

As possíveis razões para essas discrepâncias podem incluir diferenças de raça, locais ou pontos analisados em cada estudo e a idade dos sujeitos. El Hage et al.,⁽²³⁾ em um estudo realizado com adolescentes (n=65 meninos e 35 meninas), relacionaram a DMO e os componentes da composição corporal. Foi observado que a massa magra foi o melhor preditor da DMO. No entanto, tem sido demonstrado um efeito positivo do tecido adiposo sobre o CMO e a DMO em idosos, sendo maior que a massa magra.⁽⁵⁾ Esses aspectos, porém, não

deixam claro de que forma os componentes da composição corporal podem afetar a DMO e CMO.

No entanto, destaca-se que este estudo apresenta limitações pelo delineamento transversal, o que não permite estabelecer uma relação de causalidade entre as variáveis analisadas, uma vez que os valores da DMO e CMO foram relacionados entre sujeitos diferentes e podem não representar a variabilidade real em relação a massa óssea. Ademais, possíveis variáveis de confusão, como hábitos alimentares, vitamina D e níveis circulantes de hormônios que afetam a DMO e CMO, não foram analisadas no presente estudo. Portanto, futuros estudos devem levar em consideração essas variáveis de confusão na relação entre DMO e CMO com a composição corporal em jovens universitários.

CONCLUSÃO

Gordura corporal total e gordura corporal segmentada estiveram relacionadas com a densidade mineral óssea e o conteúdo mineral ósseo em jovens universitários masculinos. Essa relação, porém, parece ser diferente entre os variados estados nutricionais, posto que nos indivíduos com sobrepeso a gordura relativa teve impacto positivo na densidade mineral óssea.

REFERÊNCIAS

1. Vincent KR, Vincent HK, Braith RW, Lennon SL, Lowenthal DT. Resistance exercise training attenuates exercise-induced lipid peroxidation in the elderly. *Eur J Appl Physiol.* 2002;87(4-5):416-23.
2. Cadore EL, Brentano MA, Kruel LF. Efeitos da atividade física na densidade mineral óssea e na remodelação do tecido ósseo. *Rev Bras Med Esporte.* 2005;11(6):373-9.
3. Vincent KR, Braith RW, Feldman RA, Magyari PM, Cutler RB, Persin SA, et al. Resistance exercise and physical performance in adults aged 60 to 83. *J Am Geriatr Soc.* 2002;50(6):1100-7.
4. Zhao LJ, Liu YJ, Liu PY, Hamilton J, Recker RR, Deng HW. Relationship of obesity with osteoporosis. *J Clin Endocrinol Metab.* 2007;92(5):1640-6.
5. Reid IR. Relationships between fat and bone. *Osteoporos Int.* 2008;19(5):595-606. Review.
6. Kang DH, Guo LF, Guo T, Wang Y, Liu T, Feng XY, et al. Association of body composition with bone mineral density in northern Chinese men by different criteria for obesity. *J Endocrinol Invest.* 2015;38(3):323-31.
7. Blain H, Vuillemin A, Guillemin F, Durant R, Hanesse B, de Talance N, et al. Serum leptin level is a predictor of bone mineral density in postmenopausal women. *J Clin Endocrinol Metab.* 2002;87(3):1030-5.
8. Maimoun L, Lumbroso S, Manetta J, Paris F, Leroux JL, Sultan C. Testosterone is significantly reduced in endurance athletes without impact on bone mineral density. *Horm Res.* 2003;59(6):285-92.
9. Gremion G, Rizzoli R, Slosman D, Theintz G, Bonjour JP. Oligo-amenorrheic long-distance runners may lose more bone in spine than in femur. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(1):15-21.
10. De Laet C, Kanis JA, Odén A, Johanson H, Johnell O, Delmas P, et al. Body mass index as a predictor of fracture risk: a meta-analysis. *Osteoporos Int.* 2005;16(11):1330-8. Review.

11. Lee SH, Khang YH, Lim KH, Kim BJ, Koh JM, Kim GS, et al. Clinical risk factors for osteoporotic fracture: a population-based prospective cohort study in Korea. *J Bone Miner Res.* 2010;25(2):369-78.
12. Thomas JR, Nelson JK, Silverman SJ. Métodos de pesquisa em atividade física. 6 ed. Porto Alegre: Artmed; 2012. p. 478.
13. World Health Organization (WHO). Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation (WHO Technical Report Series 894) [Internet]; 2000. Geneva: WHO. [cited 2014 Jan 20]. Available from: file:///C:/Users/drt37580/Downloads/WHO_TRS_894.pdf
14. International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK). International standards for anthropometric assessment. Australia: ISAK, 2012.
15. Reid IR. Relationships among body mass, its components, and bone. *Bone.* 2002;31(5):547-55. Review.
16. Dishman RK, Heath G, Washburn RA. Physical activity epidemiology. Champaign: Human Kinetics; 2004.
17. Coin A, Sergi G, Benincà P, Lupoli L, Cinti G, Ferrara L, et al. Bone mineral density and body composition in underweight and normal elderly subjects. *Osteoporos Inter.* 2000;11(12):1043-50.
18. Sugiyama T, Yamaguchi A, Kawai S. Effects of skeletal loading on bone mass and compensation mechanism in bone: a new insight into the "mechanostat" theory. *J Bone Miner Metab.* 2002;20(4):196-200.
19. Raudenbush SW, Bryk AS, Cheong YF, Congdon Jr RT. Hierarchical linear and nonlinear modeling (HLM). Lincolnwood, IL: Scientific Software International; 2011.
20. Cui LH, Shin MH, Kweon SS, Park KS, Lee YH, Chung EK, et al. Relative contribution of body composition to bone mineral density at different sites in men and women of South Korea. *J Bone Miner Metabol.* 2007;25(3):165-71.
21. Douchi T, Kuwahata R, Matsuo T, Uto H, Oki T, Nagata Y. Relative contribution of lean and fat mass component to bone mineral density in males. *J Bone Miner Metabol.* 2003;21(1):17-21.
22. Makovey J, Naganathan V, Sambrook P. Gender differences in relationships between body composition components, their distribution and bone mineral density: a cross-sectional opposite sex twin study. *Osteoporos Inter.* 2005; 16(12):1495-505.
23. El Hage RP, Courteix D, Benhamou CL, Jacob C, Jaffré C. Relative importance of lean and fat mass on bone mineral density in a group of adolescent girls and boys. *Eur J Appl Physiol.* 2009;105(5):759-64.