

BENEFÍCIOS BIOMECÂNICOS DO EXERCÍCIO FÍSICO EM RATAS OVARIETOMIZADAS SUBMETIDAS À DIETA HIPERLIPÍDICA

Ana Paula Macedo, Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto - USP, anapaula@forp.usp.br

Roberta Carminati Shimano, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - USP, roberta_cshimano@hotmail.com

Débora Ferrari Taffarel, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - USP, debora-ferrari@hotmail.com

João Paulo Mardegan Issa, Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto - USP, jpmassa@forp.usp.br

Alceu Afonso Jordão Jr., Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - USP, alceu@fmrp.usp.br

Antônio Carlos Shimano, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - USP, ashimano@fmrp.usp.br

Resumo. A nutrição e o treinamento físico adequado têm papel importante no acúmulo e manutenção de massa óssea e têm se mostrado duas ferramentas importantes para a prevenção de fraturas em pessoas com osteoporose. A ingestão de lipídio acima do recomendado gera interferência na remodelação óssea, mas não há relatos sobre a ação da dieta hiperlipídica no osso após a menopausa. O objetivo deste estudo foi avaliar, em ratas ovariectomizadas (OVX), os efeitos da corrida associada à dieta hiperlipídica (DH) nas propriedades ósseas. Foram utilizadas oitenta ratas Wistar, divididas em 8 grupos ($n=10$), tratadas por 12 semanas, que são: OVX, sedentárias e dieta padrão (DP); OVX, sedentárias e DH; OVX, treinadas e DP; OVX, treinadas e DH; SHAM, sedentárias e DP; SHAM, sedentárias e DH; SHAM, treinadas e DP; SHAM, treinadas e DH. Os fêmures foram dissecados, limpos das partes moles e submetidos a análise densitométrica e ensaio de flexo-compressão da cabeça do fêmur. Os dados foram analisados por teste estatístico em modelo linear generalizado ($p<0,05$) com múltiplas comparações com ajustes de Bonferroni. A densidade mineral óssea (DMO) da região proximal do fêmur ($p=0,002$) foi maior para treinados. A OVX diminuiu a DMO na proximal do fêmur ($p<0,000$). No ensaio de flexo-compressão do fêmur, o treinamento aumentou a força máxima ($p=0,037$) e OVX diminuiu a rigidez ($p<0,000$). Portanto, existem diferenças entre os resultados obtidos a partir dos tipos de cirurgias, e o treinamento físico foi eficaz na manutenção das propriedades ósseas, já a dieta, não foi fator determinante na qualidade óssea.

Palavras chave: ovariectomia, osteopenia, treinamento físico, dieta hiperlipídica, propriedades mecânicas.

1. INTRODUÇÃO

Dietas desbalanceadas após a menopausa vem sendo associada com o aumento da incidência de fraturas de baixo impacto na população feminina (Premaor *et al.*, 2010). A alimentação balanceada é fundamental para o acúmulo e manutenção de massa óssea prevenindo fraturas em pessoas com osteoporose (Pinheiro *et al.*, 2009). Não há protocolos bem definidos quanto ao tratamento e prevenção do quadro osteopênico gerado pela diminuição do estrógeno após a menopausa (Honda *et al.*, 2003, Nancollas *et al.*, 2006, Hao *et al.*, 2010). Entre os inúmeros tipos de tratamento, a corrida vem se destacando por não apresentar efeitos colaterais e seu baixo custo (Borer *et al.*, 2007, Huang *et al.*, 2008, Umemura *et al.*, 2008, Simões *et al.*, 2008).

As consequências das dietas hiperlipídica vão além do sobrepeso, influenciando também as propriedades biomecânicas dos ossos, com diminuição da densidade mineral óssea (DMO) e da resistência (Woo *et al.*, 2009, Patsch *et al.*, 2011). Estudos com concentrações de lipídeo acima do recomendado mostram diminuição da reposição de osteoblastos interferindo assim na remodelação óssea (Bartelt *et al.*, 2010, Fujita *et al.*, 2012). O exercício físico regular auxilia na manutenção do processo de remodelação óssea (Topp *et al.*, 2002). A corrida, entre as inúmeras modalidades, vem se mostrado eficaz na manutenção e melhora das propriedades ósseas (Pichler *et al.*, 2013), mostrando seu efeito na DMO (Egan *et al.*, 2006, Yeh *et al.*, 1993), nas propriedades mecânicas (Simões *et al.*, 2008, Lespessailles *et al.*, 2007). A ovariectomia em ratas é comumente usada em modelo animal para elucidar o impacto da insuficiência do estrógeno e suas consequências metabólicas nas propriedades biomecânicas do osso (Hu *et al.*, 2004, Ko *et al.*, 2013).

Apesar de alguns estudos apresentarem relatos da associação de dietas hiperlipídicas com exercícios físicos em modelo com déficit de estrógeno, não há relatos da influência desta associação nas propriedades mecânicas dos ossos (Blažetić *et al.*, 2014). Blažetić *et al.* (2014), estudaram o efeito da corrida e da dieta hiperlipídica na expressão do receptor leptina no cérebro e no tecido adiposo de ratas ovariectomizadas, sem avaliar a influência no tecido ósseo.

Com isso fica clara a necessidade de estudos relacionando a corrida com dietas hiperlipídicas em modelo experimental para a menopausa, no qual a susceptibilidade a fraturas aumenta por alterações ósseas. Assim este estudo buscou avaliar o efeito da dieta hiperlipídica em ossos de ratas ovariectomizadas, tratadas ou não com corrida.

2. OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi avaliar, em ratas ovariectomizadas (OVX), os efeitos do treinamento físico associado à dieta hiperlipídica (DH) nas propriedades ósseas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas oitenta ratas *Wistar*, divididas em 8 grupos (n=10), tratadas por 12 semanas, que são: OVX, sedentárias e dieta padrão (DP); OVX, sedentárias e DH; OVX, treinadas e DP; OVX, treinadas e DH; SHAM, sedentário e DP; SHAM, sedentárias e DH; SHAM, treinadas e DP; SHAM, treinadas e DH.

Os animais foram submetidos à cirurgia de ovariectomia ou cirurgia simulada (sham) de acordo com os grupos. 72 horas após a cirurgia foi iniciado o treinamento em esteira nos grupos (OVXEP, OVXEH, SHAMEP e SHAMEH). Estes foram colocados em caixa plástica com dimensões de 400 x 320 x 160 mm (comp. x larg. x alt.) sendo alojados entre 3 e 4 animais em cada caixa. O protocolo de corrida utilizado foi composto por uma fase de adaptação nas duas primeiras semanas com evolução gradativa da velocidade e tempo até atingir a velocidade de 17 m/min durante 60 min/dia na sétima semana. O treinamento foi realizado 5 dias/semana durante 12 semanas.

Nos grupos sedentários (OVXSP, OVXSH, SHAMSP e SHAMSH), as ratas foram colocadas individualmente, em caixas plásticas com espaço reduzido, com o intuito de diminuir sua movimentação, tornando-as sedentárias. As dimensões das caixas após a redução eram de 190 x 190 x 120 mm, seguindo a metodologia de utilizada por Oliveira-Milani *et al.* (2008).

A dieta padrão utilizada foi a Nuvilab® CR-1 autoclavável (Nutrival Nutrientes, Guarani, Brazil). Para obtenção dieta hiperlipídica, a banha de porco foi adicionada a dieta controle, o aumento de lipídios na dieta dos animais foi realizada de forma gradual, no primeiro dia após a cirurgia a dieta oferecida foi com 20% de lipídios e com 72 horas a dieta era de 30% de lipídios. Os animais tinham acesso livre a comida e água.

No final do experimento os animais foram eutanasiados com uma super dose de hidrato de cloral (2 mL/100g). Os fêmures foram dissecados, limpos das partes moles e submetidos à análise densitométrica e ensaio de flexo-compressão da cabeça do fêmur.

Para realização da densitometria o fêmur foi colocado em um recipiente plástico com 20 mm de água, simulando o tecido mole. A análise foi realizada em um densitômetro com auxílio do programa para pequenos animais (Hologic, Discovery Wi®, Estados Unidos). Foi avaliada a DMO da região proximal do fêmur a partir da delimitação de R1 (roy1) – área de 100 mm² padronizada avaliada em todos os fêmures.

Em seguida realizou-se o ensaio mecânico de flexo-compressão da cabeça do fêmur, metodologia descrita por Shimano e Volpon (2009). Neste ensaio, buscou-se avaliar a resistência mecânica do osso trabecular. Foi avaliada a Força máxima (N) e a Rigidez (N/mm). Para isso a região distal do fêmur foi incluída em resina acrílica. Após a inclusão, o fêmur foi posicionado na máquina universal de ensaios DL 10000 (EMIC, São José dos Pinhais). O ensaio foi realizado com aplicação de carga até a ruptura com velocidade de 1,0 mm/min. e pré-carga de 5 N. Foi utilizada célula de carga de 50 N.

Os dados foram analisados por teste estatístico em modelo linear generalizado ($p < 0,05$) com múltiplas comparações com ajustes de Bonferroni.

4. RESULTADOS

Os resultados obtidos são apresentados da Tabela 1.

Tabela 1. Média (desvio padrão) da densidade mineral óssea (DMO) da região proximal do fêmur, da força máxima (Fmax) e da rigidez obtidas no ensaio de Flexo compressão da cabeça do fêmur para os diferentes grupos experimentais.

	OVXSP	OVXSH	OVXEP	OVXEH	SHAMSP	SHAMSH	SHAMEP	SHAMEH
DMO (g/cm ²)	0,224 (0,013)	0,220 (0,014)	0,233 (0,019)	0,233 (0,012)	0,242 (0,013)	0,252 (0,007)	0,261 (0,015)	0,251 (0,014)
Fmax (N)	125,70 (15,42)	114,17 (10,77)	124,93 (10,77)	123,86 (11,83)	119,90 (9,64)	126,60 (17,97)	139,42 (24,63)	126,42 (15,12)
Rigidez (N/mm)	217,68 (51,67)	237,24 (54,48)	260,48 (49,42)	239,55 (32,35)	293,58 (32,85)	272,26 (41,82)	274,21 (75,89)	311,99 (44,00)

A DMO da região proximal do fêmur ($p=0,002$) foi maior para treinados. A OVX diminuiu a DMO na proximal do fêmur ($p < 0,000$).

No ensaio de flexo-compressão do fêmur, o treinamento aumentou a força máxima ($p=0,037$) e OVX diminuiu a rigidez ($p < 0,000$).

5. DISCUSSÃO

A mudança dos hábitos alimentares e a ingestão cada vez maior de dietas ricas em lipídios tem gerado preocupação crescente quanto aos riscos destas dietas à saúde da população. Um dos fatores que vem sendo estudado é o efeito de dietas hiperlipídicas na qualidade óssea em diferentes situações. Este estudo buscou avaliar o efeito da corrida nas propriedades físicas de ossos de ratas OVX submetidas à dieta hiperlipídica. Para isso utilizamos como controle a cirurgia SHAM, o sedentarismo e a dieta padrão. Nossos resultados mostraram que a corrida melhora a maioria das propriedades físicas estudadas. A cirurgia OVX acarreta em diminuição das propriedades físicas ósseas, mas a ingestão de dieta com 30% de adição de lipídios, durante 12 semanas, não apresentou resultados significantes.

Ao avaliarmos a DMO da região proximal do fêmur, verificou-se que a cirurgia OVX teve um efeito negativo na DMO, enquanto que o treinamento em esteira melhorou significativamente as propriedades físicas e a dieta hiperlipídica não foi suficiente para sensibilizar o tecido ósseo. Nossos resultados de DMO divergem dos resultados obtidos por Patsch *et al.* (2011), que estudaram o efeito de dieta com 60% de lipídios em ratos machos, após 24 semanas de ingestão da dieta. Os autores observaram que, os grupos que receberam DH apresentaram diminuição da DMO comparado com o controle. Esta divergência de resultados pode estar relacionada à menor idade dos animais no presente estudo, uma vez que Halade *et al.* (2010) descrevem que os animais mais velhos são mais susceptíveis aos efeitos da DH. Além disso, o efeito de DH pode ser mais evidente quando associado com doenças. Resultados encontrados por Lac *et al.* (2008) sugerem que massa gorda atua sobre a DMO não só por via de fatores mecânicos, mas também por meio de adipocinas como leptina e adiponectina, o que não foi possível observar neste estudo.

A melhora da DMO observada nos animais treinados e a diminuição nos animais ovariectomizados corroboram com os achados de Tamaki *et al.* (1998), que verificaram diminuição significativa da DMO em animais ovariectomizados e aumento desta propriedade em animais treinados.

Em nosso estudo, não encontramos diferença entre as dietas na força máxima no ensaio de flexo-compressão do fêmur. Brahmabhatt *et al.* (1998), observaram que o ganho de peso por dieta que induz obesidade, pode gerar melhora nos fatores biomecânicos (como força máxima e energia absorvida) em ratos, estes achados são tanto para o osso cortical como para o osso trabecular.

O exercício físico pode aumentar a massa óssea, tanto em animais experimentais quanto em humanos (Newhall *et al.*, 1991, Hatori *et al.*, 1993). Este efeito positivo é descrito na literatura tanto em animais sem cirurgia, assim como em OVX (Barengolts *et al.*, 1994, Tuukkanen *et al.*, 1994). Em nosso estudo, a realização de treinamento resultou em ganho estatisticamente significativo na força máxima, mas não na rigidez durante o ensaio de flexo-compressão do fêmur, independente da cirurgia realizada ou dieta utilizada.

As avaliações de força máxima no ensaio de flexo-compressão do colo do fêmur não mostraram diferenças referentes à OVX. Em contrapartida, foi observada maior rigidez nos animais SHAM. Resultados divergentes foram apresentados por Pirih *et al.* (2012), que não encontraram diferença entre os dois grupos estudados para a rigidez e a força máxima.

Fica clara a necessidade de estudos complementares, principalmente relacionando a dieta hiperlipídica e tecido ósseo, onde não obtivemos resultados significativos, talvez pelo tempo e quantidades oferecidas de dieta hiperlipídicas. Dentro das limitações deste estudo foi possível afirmar a eficácia do exercício físico independente da condição óssea.

6. CONCLUSÃO

Portanto, conclui-se que a realização da ovariectomia provoca uma diminuição das propriedades estudadas e que o treinamento físico foi eficaz na manutenção das propriedades ósseas, já a dieta, não foi fator determinante.

7. REFERÊNCIAS

- Barengolts, E. I., Lathon, P. V., Curry, D. J., Kukreja, S. C., 1994, "Effects of endurance exercise on bone histomorphometric parameters in intact and ovariectomized rats", *Bone and mineral*, Vol. 26, pp. 133-40.
- Bartelt, A., Beil, F. T., Schinke, T., Roeser, K., Ruether, W., Heeren, J., Niemeier, A., 2010, "Apolipoprotein E-dependent inverse regulation of vertebral bone and adipose tissue mass in C57Bl/6 mice: modulation by diet-induced obesity", *Bone*, Vol. 47, pp. 736-45.
- Blažetić, S., Labak, I., Viljetić, B., Balog, M., Vari, S. G., Krivošiková, Z., Gajdoš, M., Kramárová, P., Kebis, A., Vuković, R., Puljak, L., Has-Schön, E., Heffer, M., 2014, "Effects of high fat diet, ovariectomy, and physical activity on leptin receptor expression in rat brain and white fat tissue", *Croatian medical journal*, Vol. 55, pp. 228-38.
- Borer, K. T., Fogleman, K., Gross, M., La New, J. M., Dengel, D., 2007, "Walking intensity for postmenopausal bone mineral preservation and accrual", *Bone*, Vol. 41, pp. 713-721.
- Brahmabhatt, V., Rho, J., Bernardis, L., Gillespie, R., Ziv, I., 1998, "The effects of dietary-induced obesity on the biomechanical properties of femora in male rats", *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, Vol. 22, pp. 813-8.
- Egan, E., Reilly, T., Giacomoni, M., Redmond, L., Turner, C., 2006, "Bone mineral density among female sports participants", *Bone*, Vol. 38, pp. 227-33.

- Fujita, Y., Watanabe, K., Maki, K., 2012, "Serum leptin levels negatively correlate with trabecular bone mineral density in high-fat diet-induced obesity mice", *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*, Vol. 12, pp. 84-94.
- Halade, G. V., Jamali, A. E., Williams, P. J., Fajardo, R. J., Fernandes, G., 2011, "Obesity-mediated inflammatory microenvironment stimulates osteoclastogenesis and bone loss in mice", *Experimental Gerontology*, Vol. 46, pp. 43-52.
- Hao, L., Wang, Y., Duan, Y., Bu, S., 2010, "Effects of treadmill exercise training on liver fat accumulation and estrogen receptor alpha expression in intact and ovariectomized rats with or without estrogen replacement treatment", *European Journal of Applied Physiology*, Vol. 109, pp. 879-86.
- Hatori, M., Hasegawa, A., Adachi, H., Shinozaki, A., Hayashi, R., Okano, H., Mizunuma, H., Murata, K., 1993, "The effects of walking at the anaerobic threshold level on vertebral bone loss in postmenopausal women", *Calcified Tissue International*, Vol. 52, pp. 411-4.
- Honda, A., Sogo, N., Nagasawa, S., Shimizu, T., Umemura, Y., 2003, "High-impact exercise strengthens bone in osteopenic ovariectomized rats with the same outcome as sham rats", *Journal of Applied Physiology*, Vol. 95, pp. 1032-1037.
- Hu, F. B., Willett, W. C., Li, T., Stampfer, M. J., Colditz, G. A., Manson, J. E., 2004, "Adiposity as compared with physical activity in predicting mortality among women", *The New England journal of medicine*, Vol. 351, pp. 2694-703.
- Huang, T. H., Chang, F. L., Lin, S. C., Liu, S. H., Hsieh, S. S., Yang, R. S., 2008, "Endurance treadmill running training benefits the biomaterial quality of bone in growing male Wistar rats", *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, Vol. 26, pp. 350-357.
- Ko, B.-S., Kim, D. S., Kang, S., Ryuk, J. A., Park, S., 2013, "Prunus mume and Lithospermum erythrorhizon extracts synergistically prevent visceral adiposity by improving energy metabolism through potentiating hypothalamic leptin and insulin signalling in ovariectomized rats", *Evidence-based complementary and alternative medicine*, 750986.
- Lac, G., Cavalie, H., Ebal, E., Michaux, O., 2008, "Effects of a high fat diet on bone of growing rats. Correlations between visceral fat, adiponectin and bone mass density", *Lipids in health and disease*, Vol. 7, p.16.
- Lespessailles, E., Gadois, C., Lemineur, G., Do-Huu, J. P., Benhamou, L., 2007, "Bone texture analysis on direct digital radiographic images: precision study and relationship with bone mineral density at the os calcis", *Calcified Tissue International*, Vol. 80, pp. 97-102.
- Nancollas, G.H., Tang, R., Phipps, R.J., Henneman, Z., Gulde, S., Wu, W., Mangood, A., Russell, R.G.G., Ebetino, F.H., 2006, "Novel insights into actions for biphosphonates on bone: differences in interactions with hidroxyapatite", *Bone*, Vol. 38, pp. 617-27.
- Newhall, K. M., Rodnick, K. J., van der Meulen, M. C., Carter, D. R., Marcus, R., 1991, "Effects of voluntary exercise on bone mineral content in rats", *Journal of Bone and Mineral Research*, Vol. 6, pp. 289-96.
- Oliveira-Milani, J. G., Matheus, J. P., Gomide, L. B., Volpon, J. B., Shimano, A. C., 2008 "Biomechanical effects of immobilization and rehabilitation on the skeletal muscle of trained and sedentary rats", *Annals of Biomedical Engineering*, Vol. 36, pp. 1641-8.
- Patsch, J. M., Kiefer, F. W., Varga, P., Pail, P., Rauner, M., Stupphann, D., Resch, H., Moser, D., Zysset, P. K., Stulnig, T. M., Pietschmann, P., 2011, "Increased bone resorption and impaired bone microarchitecture in short-term and extended high-fat diet-induced obesity", *Metabolism: clinical and experimental*, Vol. 60, pp. 243-9.
- Pichler, K., Loreto, C., Leonardi, R., Reuber, T., Weinberg, A. M., Musumeci, G., 2013, "RANKL is downregulated in bone cells by physical activity (treadmill and vibration stimulation training) in rat with glucocorticoid-induced osteoporosis", *Histology and Histopathology*, Vol. 28, pp. 1185-96.
- Pinheiro, M. M., Schuch, N. J., Genaro, P. S., Ciconelli, R. M., Ferraz, M. B., Martini, L. A., 2009, "Nutrient intakes related to osteoporotic fractures in men and women—the Brazilian Osteoporosis Study (BRAZOS)", *Nutrition Journal*, Vol. 8, p. 6.
- Pirih, F., Lu, R. J., Ye, F., Bezouglaia, O., Atti, E., Ascenzi, M. G., Tetradis, S., Demer, L., Aghaloo, T., Tintut, Y., 2012, "Adverse effects of hyperlipidemia on bone regeneration and strength. *Journal of Bone and Mineral Research*, Vol. 27, pp. 309-18.
- Premaor, M. O., Pilbrow, L., Tonkin, C., Parker, R. A., Compston, J., 2010, "Obesity and Fractures in Postmenopausal Women", *Journal of Bone and Mineral Research*, Vol. 25, pp. 292-7.
- Shimano, M. M., Volpon, J. B., 2009, "Biomechanics and structural adaptations of the rat femur after hindlimb suspension and treadmill running", *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, Vol. 42, pp. 330-8.
- Simões, P. A., Zamarioli, A., Bloes, P., Mazzocato, F. C., Pereira, L. H., Volpon, J. B., Shimano, A. C., 2008, "Effect of treadmill exercise on lumbar vertebrae in ovariectomized rats: anthropometrical and mechanical analyses", *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, Vol. 10, pp. 39-41.
- Tamaki, H., Akamine, T., Goshi, N., Kurata, H., Sakou, T., 1998, "Effects of exercise training and etidronate treatment on bone mineral density and trabecular bone in ovariectomized rats", *Bone*, Vol. 23, pp. 147-53.
- Topp, R., Ditmyer, M., King, K., Doherty, K., Hornyak, J. 3rd., 2002, "The effect of bed rest and potential prehabilitation on patients in the intensive care unit", *AACN Clinical Issues*, v. 13, pp. 263-76. Review.

- Tuukkanen, J., Peng, Z., Vaananen, H.K., 1994, "Effect of running exercise of bone loss induced by orchidectomy in the rats", *Calcified Tissue International*, Vol. 55, pp. 33-7.
- Umemura, Y., Nagasawa, S., Sogo, N., Honda, A., 2008, "Effects of jump training on bone are preserved after detraining, regardless of estrogen secretion state in rats. *Journal of Applied Physiology*, v. 104, pp. 1116-20.
- Woo, D. G., Lee, B. Y., Lim, D., Kim, H. S., 2009, "Relationship between nutrition factors and osteopenia: Effects of experimental diets on immature bone quality", *Journal of biomechanics*, Vol. 42, pp. 1102-7.
- Yeh, J. K., Aloia, J. F., Tierney, J. M., Sprintz, S., 1993, "Effect of treadmill exercise on vertebral and tibial bone mineral content and bone mineral density in the aged adult rat: determined by dual energy X-ray absorptiometry", *Calcified Tissue International*, Vol. 52, pp. 234-8.

8. AGRADECIMENTOS

A Júnia Ramos pelo auxílio técnico e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo auxílio financeiro

9. ABSTRACT

The nutrition and adequate physical training play an important role in the accumulation and bone mass maintenance and have proven two important tools for the prevention of fractures in people with osteoporosis. The above recommended lipid intake generates interference in bone remodeling, but there are no reports on the action of high fat diet on bone after menopause. The objective of this study was to evaluate, in ovariectomized rats (OVX), the effects of race associated with high fat diet (HD) on bone properties. Eighty Wistar rats were divided into 8 groups (n = 10) treated for 12 weeks, which are: OVX, sedentary and standard diet (SD); OVX, sedentary and HD; OVX, trained and SD; OVX, trained and DH; SHAM, sedentary and DP; SHAM, sedentary and DH; SHAM, trained and SD; SHAM, trained and HD. The femurs were dissected, cleaned of soft parts and subjected to densitometric analysis and testing of flexion-compression of the femoral head. Data were analyzed by statistical test for generalized linear model ($p < 0.05$) and multiple comparisons with the Bonferroni adjustments. Bone mineral density (BMD) of the proximal femur ($p = 0.002$) was higher for trained. The OVX decreased BMD at the proximal femur ($p < 0.000$). In the test of flexocompression of the femur, the training increased the maximum force ($p = 0.037$) and OVX decreased stiffness ($p < 0.000$). Therefore there are differences between results obtained from types of surgery, and physical training was effective in maintaining bone properties, as the diet was not a determining factor in the bone quality.

10. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

O(s) autor(es) é (são) os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.