

EFEITOS DA INGESTÃO DE ÓLEO DE LINHAÇA E TREINAMENTO FÍSICO SOBRE A MASSA ÓSSEA DE RATOS WISTAR

Effects of flaxseed oil intake and exercise training on bone mass of wistar rats

Adriano Kanayama¹

Rodrigo Leal de Paiva Carvalho²

Aline Bajo Munhoz³

Lucas Figueiredo Jordão⁴

Luiz Carlos Oliveira³

José Alexandre Curiacos de Almeida Leme^{4,5}

¹ Departamento de Fisioterapia, Unisalesiano de Lins

² Laboratório de Pesquisa em Fisioterapia, Centro de Ciências da Saúde da Universidade do Sagrado Coração (USC), Bauru - SP.

³ Departamento de Psicologia, Unisalesiano de Lins

⁴ Departamento de Educação Física, Unisalesiano de Lins

⁵ Programa de Pós Graduação em Ciências da Motricidade- UNESP-Rio Claro

KANAYAMA, Adriano *et al.* Efeitos da ingestão de óleo de linhaça e treinamento físico sobre a massa óssea de ratos wistar. *SALUSVITA*, Bauru, v. 34, n. 2, p. 277-289, 2015.

RESUMO

Introdução: o treinamento físico é reconhecido como fator importante para prevenção e tratamento de doenças ósseas, como osteoporose. O Ômega 3, presente em alimentos como óleo de linhaça, também pode contribuir para manutenção da saúde óssea. Todavia, poucos estudos investigaram possíveis efeitos sinérgicos de ambos.

Objetivo: objetiva-se investigar os efeitos da administração do óleo de linhaça e do treinamento físico sobre a massa óssea de ratos wistar saudáveis. **Método:** os ratos foram distribuídos em quatro grupos: controle (C), linhaça (L), treinado (T) e linhaça treinado (LT). O treinamento físico consistiu de 30 min/dia, 5 dias/sema-

Recebido em: 16/03/2015

Aceito em: 07/07/2015

na, durante 8 semanas, suportando sobrecarga equivalente à 2,5% massa corporal. O óleo de linhaça foi administrado via orogástrica por gavagem (0,5 ml/kg) durante 8 semanas. Os animais tiveram massa corporal registrada no início e final do período experimental e ingestões hídrica e alimentar foram coletadas na última semana de experimento. Após período experimental, os animais foram eutanasiados e a tíbia foi coletada para registros de comprimento e massa. **Resultados e Discussão:** nos parâmetros peso corporal, ingestões hídrica e alimentar e comprimento ósseo, a administração de linhaça e treinamento físico não causaram efeitos que promovessem diferença significativa nos valores. Todavia, o grupo que recebeu óleo de linhaça e foi submetido ao treinamento físico apresentou massa óssea da tíbia maior que os demais grupos. **Conclusão:** desta forma, pode ser concluído que, em animais saudáveis, este volume de treinamento físico e administração de óleo de linhaça concomitantemente promoveram aumento na massa tibial, sem provocar alterações nos demais parâmetros estudados.

Palavras-chaves: Óleo de Linhaça. Ômega 3. Treinamento Físico. Natação. Tecido Ósseo.

ABSTRACT

Introduction: *physical training is an important factor for the prevention and treatment of bone diseases like osteoporosis. Omega 3 found in foods such as flaxseed oil can also contribute to maintaining bone health. However, few studies have investigated possible synergistic effects of both.* **Objective:** *it aimed to verify the effects of administration of flaxseed oil and physical training in bone mass from healthy rats.* **Method:** *Wister rats were divided into four groups: control (C), linseed (L), trained (T) and flaxseed trained (LT). Exercise training consisted of 30 min / day, 5 days / week during 8 weeks supporting a load corresponding to 2.5% of the body weight. The flaxseed oil was administered via orogastric gavage (0.5 ml / kg) for 8 weeks. The animals had body mass recorded at the beginning and end of the experimental period, and water and food intakes collected in the last week of the experiment. After the experimental period, the animals were sacrificed and the tibia is removed to length and weight records.* **Results and Discussion:** *to body weight, water intake, food intake and bone length, the administration of flaxseed and/or physical training did not cause significant differences between the groups studied. However, the group that received flaxseed oil*

KANAYAMA, Adriano *et al.* Efeitos da ingestão de óleo de linhaça e treinamento físico sobre a massa óssea de ratos Wistar. *SALUSVITA*, Bauru, v. 34, n. 2, p. 277-289, 2015.

KANAYAMA, Adriano *et al.* Efeitos da ingestão de óleo de linhaça e treinamento físico sobre a massa óssea de ratos Wistar. *SALUSVITA*, Bauru, v. 34, n. 2, p. 277-289, 2015.

and was subjected to physical training had greater tibial bone mass than the other groups. Conclusion: it is concluded that this volume of physical training and administration of flaxseed oil concomitantly caused an increase in tibial mass without causing changes in other studied parameters in heathy rats.

Key words: *Flaxseed oil. Omega 3. Training. Swimming. Bone Tissue.*

INTRODUÇÃO

Para os processos de renovação e remodelamento ósseo acontecem uma série de fatores estão envolvidos como fatores hormonais, de crescimento, neuroendócrinos, mediadores inflamatórios e citocinas. Alterações nestes fatores podem contribuir para aumentar ou diminuir o risco de fraturas. Estes processos, por sua vez, sofrem a interferência de estímulos internos e de fatores ambientais como a alimentação e o exercício físico (DIVASTA e GORDON, 2013; BORBA e KULAK 2003).

Os efeitos do treinamento físico para manutenção da massa óssea têm sido evidenciados em diversas condições, como no diabetes mellitus contribuindo para melhoria da massa óssea em animais, através da recuperação das concentrações séricas e hepáticas do fator de crescimento semelhante à insulina (IGF-1) (LEME *et al.*, 2009) ou na osteoporose com objetivo de exercer efeitos preventivos e terapêuticos (HOWE *et al.*, 2011). Outros estudos em animais demonstram que o treinamento físico pode causar adaptações ósseas relacionadas à estrutura, propriedades biomecânicas e sinalizações moleculares (VICENTE *et al.*, 2013).

Em humanos com organismos saudáveis, o exercício parece ter efeitos mais proeminentes durante as fases de crescimento (infância e adolescência) e no envelhecimento, contribuindo para aumento da atividade osteogênica sendo, ainda, dependente de muitas variáveis relacionadas ao exercício como duração, intensidade e às características da amostra (DIVASTA e GORDON, 2013).

Dentre os fatores nutricionais, alguns nutrientes são fundamentais para o desenvolvimento e a manutenção óssea como ingestão adequada de cálcio, vitamina D e ácidos graxos insaturados, particularmente o ômega 3 (KIM e ILICH, 2011). Estudos em animais sugerem que o consumo de ácidos graxos poli-insaturados, como o ômega 3, promovem efeitos positivos no organismo durante as fases de crescimento e no envelhecimento (LUKAS *et al.*, 2011; BONNET

e FERRARI, 2011; POULSEN, *et al.* 2007). Esta ação positiva dos ácidos graxos poli-insaturados no organismo, parece estar relacionada à redução das citocinas pró-inflamatórias, aumento da produção do fator de crescimento semelhante à insulina (IGF-1) e agregação de cálcio (POULSEN *et al.*, 2007; COHEN e WARD, 2005), promovendo inibição da ação osteoclástica e aumento da ação osteoblástica (SUN *et al.*, 2003; WATKINS *et al.*, 2003; SHEN *et al.*, 2006).

Sabe-se que a semente da linhaça é um alimento rico em ômega 3, na forma de ácido alfa linolênico, onde o óleo extraído de sua semente é constituído de aproximadamente 55% de ômega 3 (KIM e ILICH, 2011). Alguns estudos verificaram os efeitos do óleo de linhaça sobre o tecido ósseo e, dentre estes trabalhos, Elwaseef e seus colaboradores (2009) demonstraram que o óleo pode ser preventivo para o desenvolvimento da osteoporose em ratos diabéticos. Todavia, a maioria dos estudos utilizou o óleo extraído de peixe, também rico em ômega 3, de forma que Kim e Ilich (2011) em revisão da literatura apontam a necessidade de mais estudos que investiguem os possíveis efeitos do ácido α -linolênico no tecido ósseo.

Estudos que investigaram possíveis efeitos sinérgicos do ômega 3 e treinamento físico são raros na literatura. Um desses trabalhos apresentou resultados interessantes a respeito da sinergia entre treinamento físico e ingestão de ômega 3 em tecido ósseo. Tartibian *et al.* (2011) demonstraram efeito sinérgico da ingestão de ômega 3 e exercício físico aeróbio em aumentar a massa óssea de mulheres pós menopausa, observando que em um estado de osteopenia, este efeito sinérgico parece promover aumento da massa óssea, amenizando o quadro osteopênico. Desta forma, o presente estudo teve por objetivo avaliar os efeitos do treinamento físico e da ingestão do óleo de linhaça, na massa óssea de ratos wistar machos, investigando um possível efeito sinérgico dessas intervenções.

MATERIAIS e MÉTODOS

Para realização deste estudo foram utilizados ratos machos adultos da linhagem Wistar (*Rattus Norvegicus Albinus Wistar*), com cerca de 70 dias, mantidos em gaiolas coletivas e em ciclo claro/escuro de 12/12 horas, com livre acesso a água e alimento. O experimento foi aprovado pelo comitê de ética e pesquisa do centro universitário auxiliium salesiano número 06/2014 e seguiu as recomendações das Resoluções Brasileiras de Bioética de Experimentos com Animais (lei federal nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal- CONCEA).

KANAYAMA, Adriano *et al.* Efeitos da ingestão de óleo de linhaça e treinamento físico sobre a massa óssea de ratos Wistar. *SALUSVITA*, Bauru, v. 34, n. 2, p. 277-289, 2015.

KANAYAMA, Adriano
et al. Efeitos da ingestão
de óleo de linhaça e
treinamento físico sobre
a massa óssea de ratos
Wistar. *SALUSVITA*,
Bauru, v. 34, n. 2,
p. 277-289, 2015.

Os animais foram distribuídos aleatoriamente nos seguintes grupos:
Controle (C) - ratos que não realizaram exercícios físicos nem receberam óleo de linhaça (n=5);

Linhaça (L) – ratos que não realizaram exercícios físicos, mas receberam doses de óleo de linhaça (n=6).

Treinados (T) - ratos que foram submetidos ao protocolo de treinamento físico e não receberam o óleo de linhaça (n=6);

Treinados Linhaça (TL) - ratos que foram submetidos ao protocolo de treinamento físico e receberam doses óleo de linhaça (n=5);

Ao final do período experimental foram registrados os valores de massa corporal, ingestão hídrica e alimentar.

Administração do óleo de linhaça

O óleo de linhaça foi administrado diariamente, no período da manhã, via orogástrica por gavagem, na dosagem de 0,5 ml/kg durante 8 semanas, visto que esta dosagem é inócua para ratos wistar (GORRITI *et al.*, 2010).

Protocolo de treinamento

Previamente ao treinamento físico, os animais foram submetidos a três processos adaptativos:

Adaptação ao meio líquido: durante três dias seguidos os animais foram mantidos no tanque de natação contendo água a meio corpo durante 10 minutos;

Adaptação à natação: durante cinco dias seguidos os animais foram mantidos no tanque contendo água, com profundidade de aproximadamente 50 centímetros, por períodos de tempo crescentes a cada dia (5, 10, 20, 40 e 60 minutos).

Adaptação ao treinamento físico: durante cinco dias seguidos os animais foram submetidos ao mesmo procedimento da adaptação à natação, porém suportando a carga de 2,5% da massa corporal.

Após estes processos adaptativos foi iniciado o protocolo de treinamento que consistiu de natação por 30 minutos diários, cinco dias por semana, durante oito semanas consecutivas, suportando sobrecarga equivalente a 2,5% da massa corporal. Este protocolo foi adaptado de Gomes e colaboradores (2008).

As sessões de natação foram realizadas em tanque de natação contendo água com profundidade de 50 cm, de tal forma que os animais não apoiaram a cauda no fundo do tanque e com temperatura da água mantida em $31 \pm 1^\circ \text{C}$.

Avaliações após o sacrifício dos animais

Ao final do período experimental, os animais foram mantidos em repouso por 48 horas em relação à última sessão de exercícios, sem jejum prévio. Após o sacrifício, foi retirada a tíbia para registros de comprimento e peso.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram avaliados estatisticamente por meio da análise de variância (ANOVA), com aplicação do teste “post-hoc” de Bonferroni de comparações múltiplas (significância de 5%). Os *software SPSS*[®] foi utilizado para as análises.

RESULTADOS

Neste experimento foram registrados os valores de massa corporal ao final do período experimental. Conforme apresentado na tabela 1, não houve diferença significativa na massa corporal entre os grupos estudados, demonstrando não haver interferência dos tratamentos.

Tabela 1 - Ingestão alimentar e hídrica ao longo do período experimental e massa corporal ao final do período experimental.

Parâmetros Grupos	Ingestão Alimentar (g/dia/100g massa corporal)	Ingestão Hídrica (ml/dia/100g massa corporal)	Massa corporal (g)
Controle	137,6± 54,8	47± 5,2	385,4± 26,8
Linhaça	126±18,2	44,2±8,8	389,7±59
Treinado	128,3±22,3	40±10,8	367±47.8
Treinado linhaça	132,4±37,4	43,4±7,4	411,2±40,2

Valores expressos como média ± desvio padrão.

Com relação a ingestão hídrica e alimentar registrada no final do experimento também não houve alterações entre os grupos estudados (Tabela 1).

As figuras 1 e 2 apresentam os dados de massa e comprimento da tíbia. Os resultados da massa óssea dos animais que receberam o óleo de linhaça e foram submetidos ao treinamento físico, tiveram

KANAYAMA, Adriano *et al.* Efeitos da ingestão de óleo de linhaça e treinamento físico sobre a massa óssea de ratos Wistar. *SALUSVITA*, Bauru, v. 34, n. 2, p. 277-289, 2015.

KANAYAMA, Adriano
et al. Efeitos da ingestão
de óleo de linhaça e
treinamento físico sobre
a massa óssea de ratos
Wistar. *SALUSVITA*,
Bauru, v. 34, n. 2,
p. 277-289, 2015.

valores estatisticamente significativos maiores na massa tibial (Figura 1). Contudo, na figura 2 pode ser observado que não houve diferença nos dados de comprimento ósseo entre os grupos estudados.

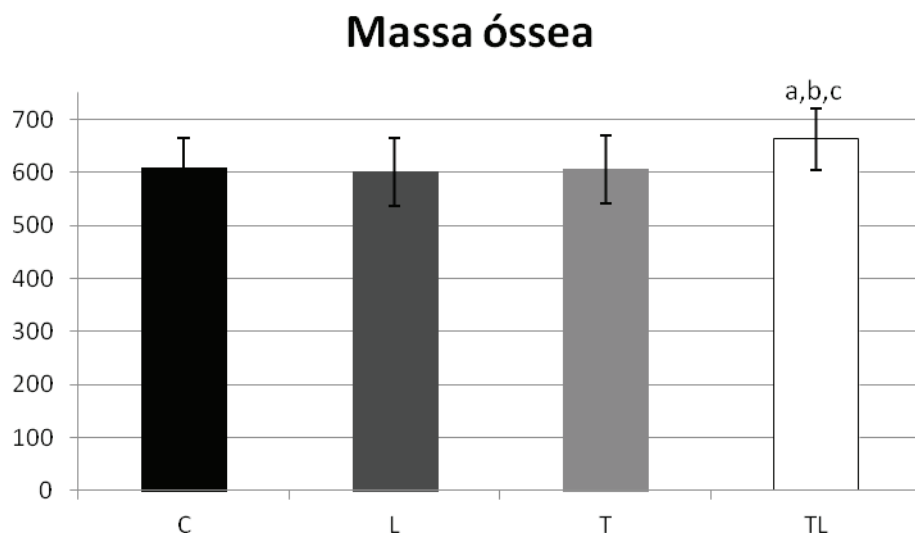


Figura 1 - Massa óssea (g) dos animais pertencentes aos grupos controle (C), linhaça (L), treinado (T) e treinado linhaça (TL) ao final do período experimental. a \neq de Controle, b \neq Linhaça e c \neq Exercício (ANOVA, Bonferroni *post-hoc* test; $p < 0,05$).

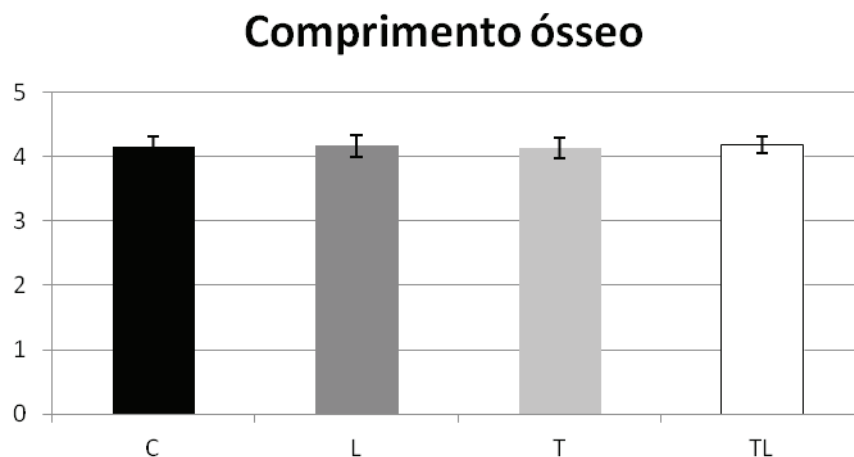


Figura 2 - Comprimento ósseo (cm) dos animais pertencentes aos grupos controle (C), linhaça (L), treinado (T) e treinado linhaça (TL) ao final do período experimental.

DISCUSSÃO

O treinamento físico é apontado como promotor de benefícios para o organismo, causando alterações sistema cardiovascular, sistema respiratório, respostas endócrinas ou para o sistema musculoesquelético. Em relação ao tecido ósseo, o exercício físico promove interessantes benefícios, observados de forma mais proeminente em modelos animais osteopênicos como osteoporose e diabetes. Óleos que contenham ômega 3 também têm sido apontado como promotor de importantes efeitos benéficos para o organismo dentre os quais está a manutenção da massa óssea. Recentes estudos têm demonstrado um possível efeito sinérgico do exercício físico e da administração de ômega 3.

O controle da massa corporal está relacionado à ingestão alimentar e à homeostase energética do organismo. No presente estudo, os grupos não sofreram alterações na ingestão alimentar ou hídrica ao longo das oito semanas de experimento. Desta forma, nenhum dos tratamentos (linhaça, treinamento ou ambos simultaneamente) causou alterações nos animais. Estudos utilizando animais com obesidade induzida através de dieta hiperlipídica demonstraram que a ingestão de óleo de linhaça na dieta amenizou o ganho de massa (BARANOWSKI *et al.*, 2012). Em outro relevante estudo investigando ratos wistar saudáveis, Pacheco e colaboradores (2011) demonstraram que houve menor ganho de peso em animais que receberam suplementação com linhaça (20%) em sua dieta. No presente estudo a suplementação utilizada foi o óleo extraído da semente e a não alteração nas ingestões corroborou com os resultados encontrados no estudo de Gorriti e colaboradores (2010) que utilizaram a mesma dosagem de óleo de linhaça.

Com relação ao tecido ósseo, o presente estudo não encontrou diferença significativa no que se refere ao comprimento após a ingestão de óleo de linhaça e/ou do treinamento físico. Todavia o grupo que foi submetido ao treinamento físico e à ingestão de óleo de linhaça concomitante, apresentou valores maiores de massa óssea da tíbia. Estudos prévios têm apontado alguns efeitos benéficos isolados do treinamento físico ou da ingestão de ômega 3 ao tecido ósseo. Com relação à ingestão de ômega 3, Elwaseef e colaboradores (2009) demonstraram haver efeito preventivo à osteoporose em animais diabéticos que receberam óleo de linhaça. Parcialmente, este efeito pode ser explicado pelos estudos de Watkins e colaboradores (2003) que demonstraram aumento da atividade osteoblástica na formação óssea em detrimento à redução da

KANAYAMA, Adriano *et al.* Efeitos da ingestão de óleo de linhaça e treinamento físico sobre a massa óssea de ratos Wistar. *SALUSVITA*, Bauru, v. 34, n. 2, p. 277-289, 2015.

KANAYAMA, Adriano *et al.* Efeitos da ingestão de óleo de linhaça e treinamento físico sobre a massa óssea de ratos Wistar. *SALUSVITA*, Bauru, v. 34, n. 2, p. 277-289, 2015.

atividade osteoclástica causado pela suplementação com ômega 3. Em seus estudos, Lukas e colaboradores (2011) apresentaram que a ingestão de diferentes fontes de ômega 3 contribuíram para saúde óssea em ratos fêmeas, sendo a ingestão de linhaça promotora de melhoria na microarquitetura óssea e aumento da osteocalcina. Outros estudos em animais adultos idosos demonstraram haver amenização na redução de IGF-1, podendo também contribuir para prevenir a osteopenia (McMAHON, 2012). No presente estudo, porém, a ingestão isolada de óleo de linhaça não promoveu alterações na massa óssea dos animais. Kim e Ilich (2011) após cuidadosa revisão da literatura, afirmam que a ingestão de alfa linoleico como fonte de ômega 3 pode contribuir para a saúde óssea, porém carece de estudos.

Os efeitos de treinamento físico no tecido ósseo também têm sido muito estudados. Estudos prévios têm demonstrado que em animais diabéticos o treinamento físico realizado durante uma hora e com intensidade equivalente à transição metabólica, preveniram os prejuízos osteopênicos causados pela doença (GOMES *et al.*, 2006; GOMES *et al.*, 2008). No presente estudo, os animais eram saudáveis (não osteopênicos) e o volume de treinamento foi menor pela redução do tempo e intensidade (carga).

Os valores de massa tibial foram maiores no grupo que recebeu óleo de linhaça e foi submetido ao treinamento físico, demonstrando um efeito sinérgico entre os tratamentos e corroborando com outros trabalhos como, Tartibian e colaboradores (2011), que de forma pioneira comprovaram um efeito benéfico da sinergia da ingestão de ômega 3 e do treinamento físico em parâmetros ósseos, em mulheres com osteoporose via hormônios reguladores do cálcio. Em outros tecidos essa sinergia também foi observada, como no modelo animal de isquemia, demonstrando que especificamente o óleo de linhaça combinado ao exercício físico apresentaram efeitos citoprotetores sinérgicos como antioxidante e anti-inflamatório para isquemia no miocárdio (NOUNOU, 2012).

CONCLUSÃO

Desta forma pode ser concluído que a ingestão de linhaça e o treinamento físico, nas condições estudadas, não causaram alterações significativas nas ingestões hídrica e alimentar ou no comprimento ósseo. Todavia a ingestão de óleo de linhaça, somada ao treinamento físico promoveram aumento na massa óssea da tibia. Futuros estudos

que utilizem maiores volumes de treinamento, particularmente aumentando intensidade e duração das sessões, outros tipos de atividade como a corrida ou, ainda, utilizando modelos animais osteopênicos poderão esclarecer melhor esta relação, que poderá ser utilizada futuramente como uma forma interessante de tratamento.

KANAYAMA, Adriano *et al.* Efeitos da ingestão de óleo de linhaça e treinamento físico sobre a massa óssea de ratos Wistar. *SALUSVITA*, Bauru, v. 34, n. 2, p. 277-289, 2015.

KANAYAMA, Adriano
et al. Efeitos da ingestão
de óleo de linhaça e
treinamento físico sobre
a massa óssea de ratos
Wistar. *SALUSVITA*,
Bauru, v. 34, n. 2,
p. 277-289, 2015.

REFERÊNCIAS

BARANOWSKI, M.; ENNS, J.; BLEWETT, H.; YAKANDAWALA, U.; ZAHRADKA, P.; TAYLOR, C.G. Dietary flaxseed oil reduces adipocyte size, adipose monocyte chemoattractant protein-1 levels and T-cell infiltration in obese, insulin-resistant rats. *Cytokine*. Philadelphia, v. 59, n. 2, p. 382-91, 2012.

BONNET, N.; FERRARI, S. L. Effects of long-term supplementation with omega-3 fatty acids on longitudinal changes in bone mass and microstructure in mice. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, Stoneham, v. 22, n. 7, p. 665-672, 2011.

BORBA, V.Z.C.; KULAK, C.A.M.; LAZARETTI-CASTRO, M. Controle neuroendócrino da massa óssea: mito ou verdade? Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia, Rio de Janeiro, v.47, n. 4, 2003.

COHEN, S. L.; WARD, W. E. Flaxseed oil and bone development in growing male and female mice. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A.*, Washington, v. 68, n. 21, p. 1861-1870, 2005.

DIVASTA, A. D.; GORDON, C. M. Exercise and bone: where do we stand?. *Metabolism Clinical and Experimental*, Philadelphia, v. 62, n. 12, p. 1714, 2013.

ELWASEEF, M. *et al.* Impact of feeding flaxseed oil on delaying the development of osteoporosis in ovariectomised diabetic rats. *International Journal of Food, Nutrition and Public Health*. Geneva, v. 2, n. 2, 2009.

GOMES, RJ *et al.* Effects of swimming training on bone mass and the GH/IGF-1 axis in diabetic rats. *Growth Hormone and IGF Research*. Edinburgh, v. 16, n. 5, p. 326-31, 2006.

GOMES, R. *et al.* Efeitos do treinamento de natação em aspectos metabólicos e morfológicos de ratos diabéticos. *Motriz: Revista de Educação Física*, Rio Claro, v.14, n. 3, p. 320-328, 2008.

GORRITH, A. *et al.* Toxicidad oral a 60 días Del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y linaza (*Linum usitatissimum* L.) y determinación de la dosis letal 50 en roedores. *Medicina Experimental y Salud Pública*, Lima, v. 27, n. 3, p. 352-360, 2010.

HOWE TE, S. B.; DAWSON, L. J.; DOWNIE, F.; MURRAY, A.; ROSS, C.; HARBOUR, R. T.; CALDWELL, L. M.; CREED, G.

Exercise for preventing and treating osteoporosis in postmenopausal women. **Cochrane Database Systematic Reviews**, Chichester, v. 6, n. 7, 2011.

KIM, Y.; ILICH, J. Z. Implications of dietary α -linolenic acid in bone health. **Nutrition**, Burbank, v. 27, n. 11, p.1101-1107, 2011.

LEME, J. A. C. A.; SILVEIRA, R. F.; GOMES, R. J.; MOURA, R. F.; SIBUYA, C. A.; MELLO, M. A. R.; LUCIANO, E. Long-term physical training increases liver IGF-I in diabetic rats. **Growth Hormone & IGF Research.**, Edinburgh, v. 19, n. 3, p. 262-266, 2009.

LUKAS, R.; GIGLIOTTI, J. C.; SMITH, B. J.; ALTMAN, S.; TOU, J. C. Consumption of different sources of omega-3 polyunsaturated fatty acids by growing female rats affects long bone mass and micro-architecture. **Bone**, Elmsford, v. 49, n. 3, p. 455-462, 2011.

MCMAHON, M.S. Beneficial Effect of Omega-3 Fatty Acids on Bone Metabolism. **Orthopedics**, Thorofare, v. 35, n. 9, p. 735-746 2012.

NOUNOU, H.A.; DEIF, M.M.; SHALABY, M.A. Effect of flaxseed supplementation and exercise training on lipid profile, oxidative stress and inflammation in rats with myocardial ischemia. **Lipids in Health and Disease**, Boca Raton, v. 11, p. 129-138, 2012.

PACHECO, J. T., DALEPRAME, J. B., BOAVENTURA, G. T. Impact of dietary flaxseed (*linum usitatissimum*) supplementation on biochemical profile in healthy rats. **Nutrición Hospitalaria**, Madrid, v. 26, n. 4, p. 798-802, 2011.

POULSEN, R. C.; MOUGHAN, P. J.; KRUGER, M. C. Long-chain polyunsaturated fatty acids and the regulation of bone metabolism. **Experimental Biology and Medicine**, Maywood, v. 232, n. 10, p. 1275-1288, 2007.

SHEN, C. L.; YEH, J. K.; RASTY, J.; LI, Y.; WATKINS, B. A. Protective effect of dietary long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids on bone loss in gonad-intact middle-aged male rats. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 95, n. 03, p. 462-468, 2006.

SUN D, KRISHNAN A, ZAMAN K, LAWRENCE R, BHATTACHARYA A, FERNANDES G. Dietary n-3 fatty acids decrease osteoclastogenesis and loss of bone mass in ovariectomized mice. **Journal of Bone and Mineral Research**, New York, v. 18, p.1206-1216, 2003.

TARTIBIAN, B. MALEKI, B.H. ASGHAR-ABBASI, A. Long-term aerobic exercise and omega-3 supplementation modulate osteoporosis

KANAYAMA, Adriano *et al.* Efeitos da ingestão de óleo de linhaça e treinamento físico sobre a massa óssea de ratos Wistar. **SALUSVITA**, Bauru, v. 34, n. 2, p. 277-289, 2015.

KANAYAMA, Adriano
et al. Efeitos da ingestão
de óleo de linhaça e
treinamento físico sobre
a massa óssea de ratos
Wistar. *SALUSVITA*,
Bauru, v. 34, n. 2,
p. 277-289, 2015.

sis through inflammatory mechanisms in post menopausal women: a randomized, repeated measures study. **Nutrition and Metabolism**, London, v. 8, p. 71-81, 2011.

VICENTE, W. S.; dos REIS, L. M.; GRACIOLLI, R. G.; GRACIOLLI, F. G.; DOMINGUEZ, W. V.; WANG, C. C.; JORGETTI, V. Bone Plasticity in Response to Exercise Is Sex-Dependent in Rats. **PloS One**, San Francisco, v. 8, n. 5, e64725, 2013.

WATKINS, B. A.; LI, Y.; LIPPMAN, H. E.; FENG, S. Modulatory effect of omega-3 polyunsaturated fatty acids on osteoblast function and bone metabolism. **Prostaglandins Leukotrienes and Essential Fatty Acids**, Edinburgh, v. 68, p. 387-398, 2003.