

ATIVIDADE FÍSICA E OSTEOTOMIA EXPERIMENTAL EM RATOS: ASPECTOS MECÂNICOS, RADIOLÓGICOS E ENZIMÁTICOS

PHYSICAL ACTIVITY AND EXPERIMENTAL OSTEOTOMY IN RATS: MECHANICS ASPECTS, RADIOLOGICS AND ENZIMATICS

Marcelo Renato Guerino ^{1,2}

Eliete Luciano ¹

Mauro Gonçalves ¹

Tomaz Puga Leivas ³

¹ Departamento de Educação Física. Laboratório de Biodinâmica. IB-UNESP-Rio Claro.

² Bolsista da FAPESP - Proc. 93/3924-3.

³ Instituto de Ortopedia e Traumatologia. Laboratório de Biomecânica. Fac. Medicina - USP - São Paulo.

Resumo

A relevância do estudo dos processos envolvidos na recuperação da fratura óssea bem como a influência de fatores que acelerem a reparação é indiscutível, visto que a fratura é um fator incapacitante. Nosso principal objetivo foi analisar os efeitos do exercício físico crônico sobre a velocidade de consolidação óssea e a resistência a esforços deformantes. Para isso realizamos uma osteotomia no terço superior da tíbia direita, através de uma micro-furadeira para uniformizar a lesão. O treinamento físico consistiu em natação 1 h por dia com carga de 5% do peso corporal. Foram utilizados ratos machos adultos jovens Wistar, distribuídos nos grupos: osteotomizado sedentário (1.OS); osteotomizado treinado (2.OT). Realizaram-se as seguintes análises: atividade da fosfatase alcalina no soro aos 5, 10, 20 e 30 dias; as radiografias foram realizadas aos 30 dias e teste de resistência máxima à flexão (20 mm/min.), flexa de ruptura e rigidez média das tíbias aos 45 dias. Verificamos uma semelhança da atividade sérica da fosfatase alcalina durante os 30 dias de experimento não apresentando variações significati-

Abstract

The relevance of the study of processes involved in recovery from bone fractures and of the effects of factors that accelerate repair is unquestionable, since fracture are incapacitating factors. Our objective was to investigate the effects of physical exercise on the velocity of bone consolidation and resistance to deforming efforts. We performed osteotomy in the upper third of the right tibia of rats using a microdrill in order to obtain uniform lesions. Physical training consisted of swimming 1 h per day with a load of 5% body weight. Young adult male Wistar rats were divided into the following groups: osteotomized sedentary animals (1.OS), osteotomized trained animals (2.OT). The animals were submitted to the following analyses: serum alkaline phosphatase at 5, 10, 20 and 30 days; X-rays at 30 days, and test of maximum resistance to flexion (20 mm/min), rupture flexion and mean tibial rigidity at 45 days. Serum alkaline phosphatase was similarity in both cases during 30 days of experiment did not cause significant differences. The radiologic results obtained at 30 days demonstrated that the animals

vas. Os resultados radiológicos obtidos aos 30 dias demonstraram que os animais que foram submetidos à atividade física apresentaram um estágio mais adiantado no processo de consolidação óssea. Com relação aos testes de resistência mecânica, verificamos que o tipo de atividade física utilizado nesse estudo não demonstrou diferenças significativas na resistência óssea, na flexão de ruptura e na rigidez óssea após 45 dias de tratamento. Estes fatos sugerem que a atividade física pode acelerar o processo de reparo do tecido ósseo apesar de não interferir na resistência mecânica do osso.

Palavras Chaves: Atividade Física; Osteotomia; Fosfatase Alcalina; Resistência Óssea.

Introdução

A necessidade de se reduzir o tempo de consolidação das fraturas ósseas é evidente, visto que a fratura é um fator incapacitante. O reparo biológico de uma interrupção traumática ou induzida cirurgicamente na continuidade de um osso pode desenvolver-se lentamente e depende do estado endócrino-reprodutivo, cálcio nutricional, e suprimento sanguíneo adequado para manutenção do metabolismo do organismo, além das proteínas morfogenéticas do osso, as quais demonstram afinidade pelos osteoblastos (PRICE et alii, 1994) e vascularização local suficiente. Assim, uma elevação na atividade sérica da fosfatase alcalina, sugere um aumento na atividade osteoblástica. Portanto, o estudo dos fatores que acelerem a reparação é indiscutível.

A atividade física, induz alterações locais e gerais nos tecidos que influenciam a osteogênese (WILSON & FOSTER, 1992). A influência da atividade física sobre o tecido ósseo tem sido amplamente discutida na literatura. Diversas linhas de evidência, incluindo trabalhos sobre as consequências da imobilização e a relação entre exercício físico e massa óssea, defendem o papel benéfico da atividade na gênese e mineralização dos ossos.

O'SULLIVAN et alii (1994) sugerem que um trabalho de deambulação somente através do peso de sustentação tem demonstrado um efeito

submitted to physical activity presented a more advanced stage of bone consolidation. With respect to the tests of mechanical resistance, we noted that the type of physical activity used in the present study did not cause significant differences in bone resistance, rupture flexion or bone rigidity after 45 days of treatment. These facts suggest that physical activity may accelerate the process of bone tissue repair although they do not interfere with the mechanical resistance of bone.

Key Words: Physical Activity, Osteotomy, Alkaline Phosphatase, Bone Resistance.

muito positivo na remodelagem óssea em tíbias de cachorros. Alguns trabalhos mostraram que os programas de treinamento com exercícios em ratos Wistar mudaram o comprimento final, o peso e o metabolismo de cálcio ósseo nestes animais (UMEMURA et alii, 1992).

Estudos realizados em populações ativas e sedentárias mostraram uma correlação positiva entre o nível de atividade e a densidade óssea mineral (BMD). Atletas tem apresentado densidade óssea mais elevada que os não atletas (NILSSON & WESLIN, 1971).

Para demonstrar a relação entre carga e densidade óssea, AYALON et alii (1987) submetem mulheres osteoporóticas a um programa de exercício com carga no pulso e antebraço. Após sessões de atividade 3 vezes por semana durante 5 meses, o grupo de exercício teve um aumento significativo (3,8%) na densidade óssea do antebraço, enquanto o grupo controle teve um decréscimo de 1,9%. ORWOLL et alii (1989) encontraram maior densidade mineral radial e vertebral entre homens que nadavam regularmente quando comparados com os não exercitados. Embora a natação seja considerada como uma atividade em que não há suporte do peso corporal, o aumento da densidade óssea pode estar relacionado com a intensidade da atividade muscular.

Evidências recentes sugerem que exercícios localizados com cargas constituem-se em estí-

mulo osteogênico mais eficiente do que exercícios sem carga e uniformemente distribuídos (MARCUS et alii, 1991). Alguns pesquisadores têm encontrado uma correlação positiva entre a carga muscular e a densidade óssea em estudos utilizando biópsia de músculos em pacientes com fratura óssea (ANIANSON et alii, 1984) e autópsia de rotina (DOYLE et alii, 1970). LEEDS et alii (1990) submetteram homens com lesão de medula à atividade em cicloergômetro 3 vezes por semana durante 6 meses e mediram a densidade óssea mineral antes e após o período de treinamento, mas não encontraram diferenças significativas entre os grupos.

As relações existentes entre a atividade de modelamento do osso, consumo de oxigênio e fluxo sanguíneo ósseo são fatores que devem ser considerados. A ação bombeadora dos músculos sobre a circulação e a velocidade do fluxo sanguíneo através das extremidades pode ser calculada a partir de experimentos com desnervação e desvascularização. Estudos sobre o crescimento longitudinal do fêmur e da tíbia de coelhos após interrupção do suprimento vascular e nervoso demonstrou que o retardo do crescimento é mais significativo após o bloqueio vascular do que após paralisia nervosa. Foi sugerido que a insuficiência vascular produz hipóxia nas células cartilaginosa da epífise, contribuindo assim, para a inibição do crescimento por inibir a formação óssea (ASTRAND & RODAHL, 1980).

A neovascularização após fratura é considerada de vital importância na cicatrização da fratura. GRUNDNES & REIKERAS (1991) submetteram ratos Wistar a um programa de treinamento em esteira rolante após osteotomia e não encontraram diferenças significativas entre o fluxo sanguíneo ósseo do grupo controle e do treinado, mas houve aumento do fluxo muscular, o que suporta o conceito que a musculatura exerce um papel ativo no processo de regeneração da fratura.

Diante das considerações da literatura, nosso principal objetivo foi estudar os efeitos da atividade física crônica sobre os aspectos mecânicos, radiológicos e enzimáticos após osteotomia expe-

rimental em ratos.

Materiais e Métodos

Foram utilizados ratos machos adultos jovens Wistar com 70 dias, provenientes do Biotério Central da UNESP - Botucatu e mantidos no Biotério do Laboratório de Biodinâmica do Departamento de Educação Física - IB - UNESP - Rio Claro. Os animais foram alimentados com ração balanceada padrão para roedores (Purina) e água "ad libitum" e mantidos em gaiolas coletivas à temperatura ambiente controlada de 25 C e fotoperíodo de 12 horas claro/12escuro, distribuídos nos grupos: osteotomizado sedentário (OS); osteotomizado treinado (OT). Para simular uma fratura e eliminar possíveis fatores de influência difíceis de controlar como tipo de traço de fratura, estabilidade e redução foi realizada uma osteotomia no terço superior da tíbia direita, através de uma micro-furadeira para uniformizar a lesão. O treinamento físico consistiu em natação, com peso equivalente a 5% do peso corporal de chumbo preso ao tronco, uma hora por dia durante 45 dias, iniciado após 24 horas da cirurgia. Os ratos foram sacrificados, e realizaram-se as seguintes análises: atividade da fosfatase alcalina no soro (método colorimétrico Bioclin) aos 5, 10, 20 e 30 dias. Radiografias aos 30 dias em aparelho de raios - X Siemens, radiosfera de 60 Kv e 12 mA1, com regulagem de 10 mA, 12 impulsos e 60 décimos de segundo de exposição, acompanhado de um colimador de 12 cm de comprimento por 2 cm de diâmetro O teste de resistência máxima à flexão, flexa de ruptura e rigidez média das tíbias aos 45 dias em máquina universal Kratos K5002 utilizando-se célula de carga mm 100Kgf, velocidade de aplicação de carga de 20 mm/min. e acompanhada por registrador gráfico. Foram utilizados apoios de 8 mm de largura metálicos com superfície cilíndrica segmentada (12 mm de diâmetro), distância entre os centros dos apoios 26 mm e cutelo cilíndrico centralizado com 8 mm de diâmetro. As tíbias foram acomodadas sobre os apoios e centralizadas.

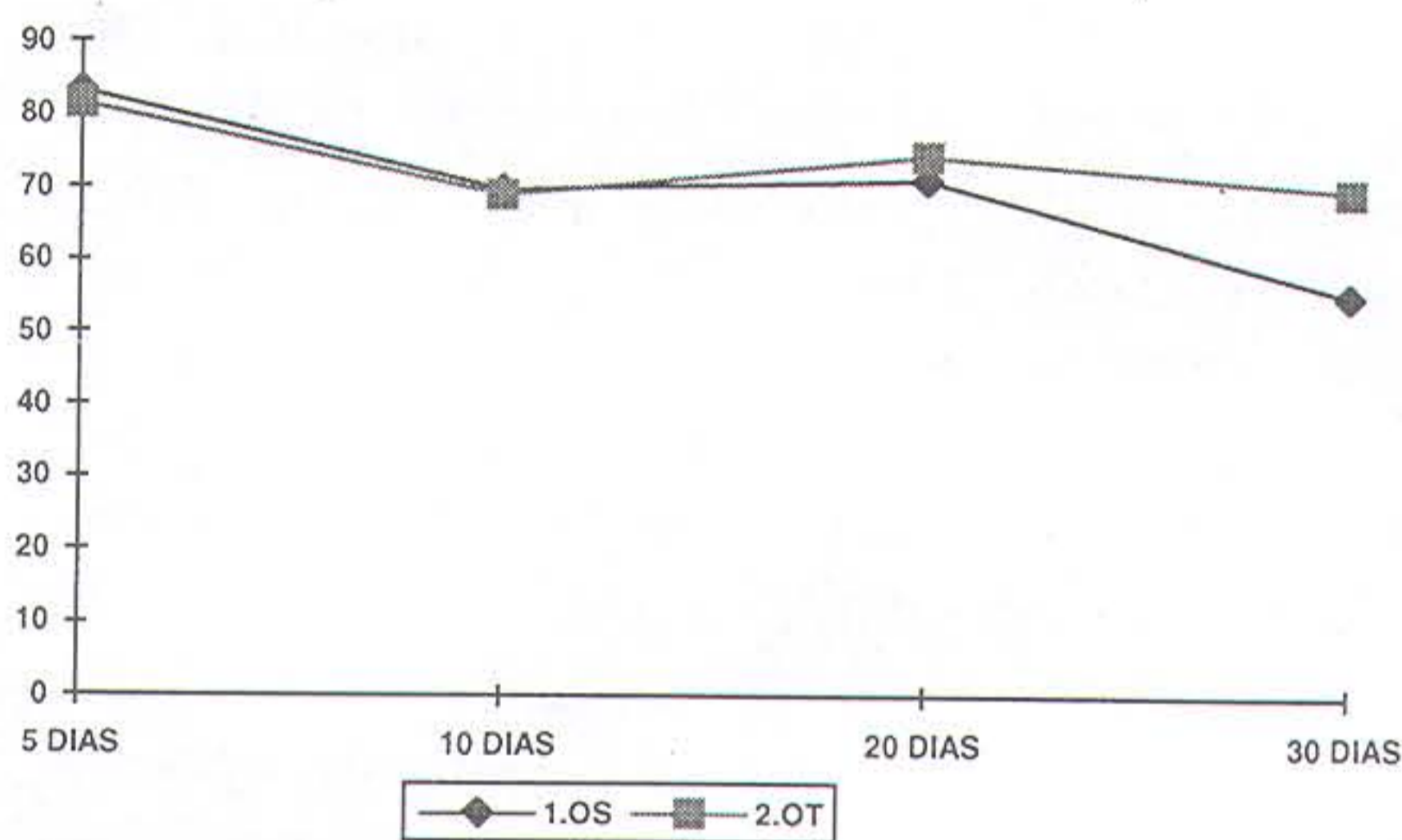
Os resultados foram avaliados estatisticamente através de estatística descritiva, as diferen-

ças significantes foram discriminadas pelo teste de Bonferroni ($P < 0,05$).

Resultados

Os grupos 1.OS. e 2.OT., como se pode observar na Figura 1, apresentaram níveis de fosfatase alcalina muito semelhantes no decorrer de todo o experimento.

Figura 1. Níveis séricos de fosfatase alcalina dos animais experimentais nos dias de sacrifício.



Os resultados radiológicos obtidos aos 30 dias (Figuras 2, 3) indicaram que o grupo 1.Osteotomizado Sedentário (Figura 2) apresenta sinais nítidos de lesão óssea quando comparado com o grupo 2.Osteotomizado Treinado (Figura 3), o que significa que ainda se encontra em processo de consolidação.

Quanto aos testes de resistência mecânica (Tabelas 1, 2 e 3) verificamos que o tipo de atividade física utilizado nesse estudo não resultou em diferenças significativas na resistência óssea, na flexa de ruptura e na rigidez média das tíbias dos animais quando comparados com os sedentários.

Tabela 1. Resistência Máxima (kgf) das tíbias dos animais experimentais após seis semanas

(Resultados expressos como Média \pm Desvio Padrão)

Grupos	Tíbia direita	Tíbia Esquerda
1.OS (n = 9)	11,58 \pm 2,45	9,86 \pm 0,50
2.OT (n = 9)	12,41 \pm 2,23	11,72 \pm 0,91

1.OS = Osteotomizado Sedentário

2.OT = Osteotomizado Treinado

$p < 0,05$

Figura 2. Radiografia da tíbia do grupo 1.OS aos 30 dias de experimento. A seta indica o local da lesão.



Figura 3. Radiografia da tíbia do grupo 2.OT aos 30 dias de experimento. A seta indica o local da lesão.

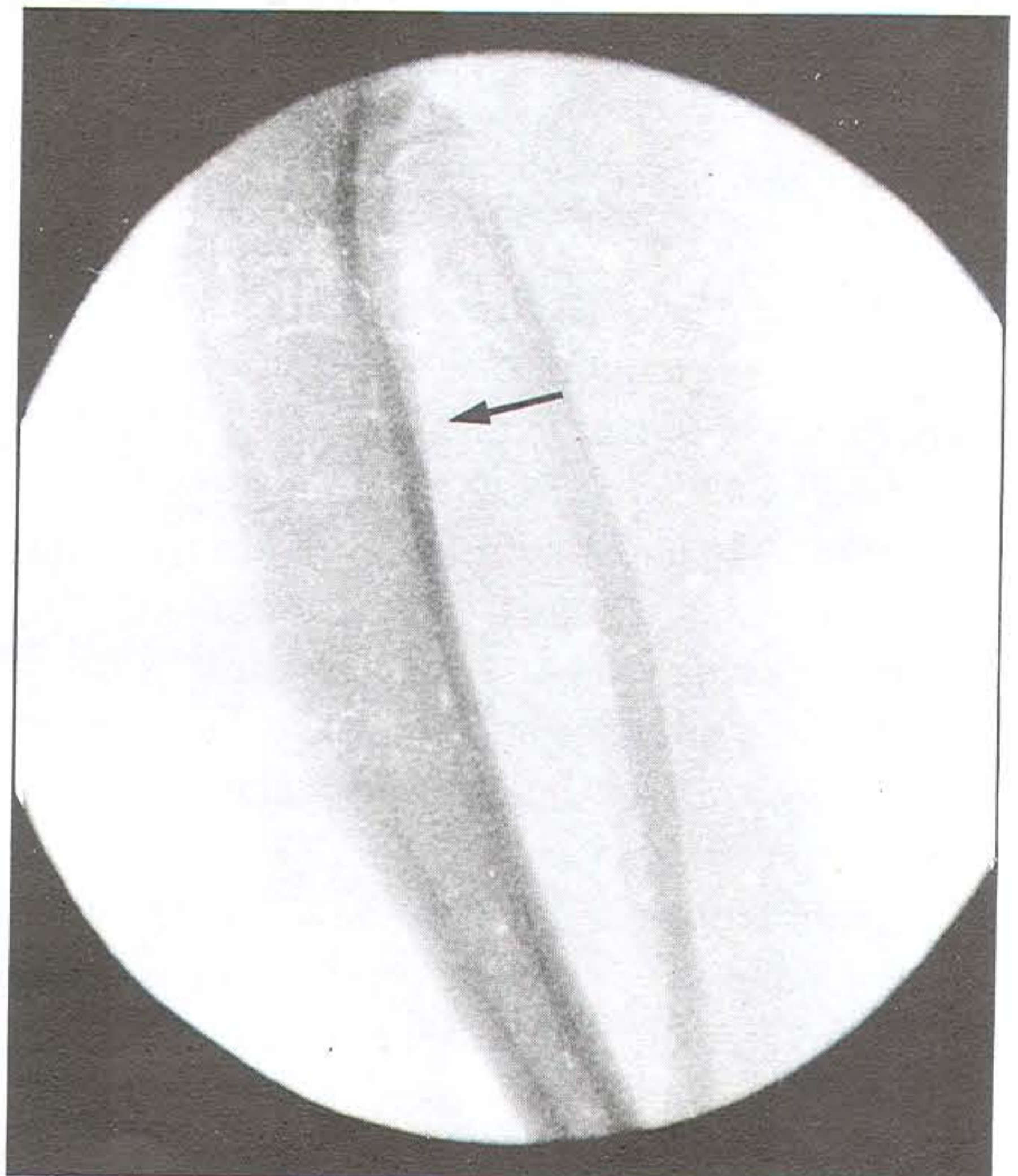


Tabela 2. Flexa de ruptura (mm) das tíbias dos animais experimentais após seis semanas (Resultados expressos como Média \pm Desvio Padrão)

Grupos	Tíbia Direita	Tíbia Esquerda
1.OS (n = 9)	0,87 \pm 0,17	0,69 \pm 0,15
2.OT (n = 9)	1,07 \pm 0,66	0,76 \pm 0,09

1.OS = Osteotomizado Sedentário

2.OT = Osteotomizado Treinado

p < 0,05

Tabela 3. Rigidez Média (Kgf/mm) das tíbias dos animais experimentais após seis semanas (Resultados expressos como Média \pm Desvio Padrão)

Grupos	Tíbia direita	Tíbia esquerda
1.OS (n = 9)	13,07 \pm 2,08	14,98 \pm 3,67
2.OT (n = 9)	12,81 \pm 4,53	16,25 \pm 3,07

1.OS = Osteotomizado Sedentário

2.OT = Osteotomizado Treinado

p < 0,05

Discussão

A elevação na atividade sérica da fosfatase alcalina, derivada do osso, sugere um aumento da atividade osteoblástica (LANGLOIS et alii, 1994). Em nosso estudo verificamos que ambos os grupos apresentaram níveis muito semelhantes de fosfatase alcalina com valores ligeiramente maiores aos 5 dias, o que deve estar relacionado com o aumento na proliferação celular, embora as variações não tenham sido significativas. BRAADBEER et alii (1994) observaram que a formação óssea depende parcialmente da atividade da fosfatase alcalina e do balanço energético osteoblástico. Os osteoblastos secretam grandes quantidades de fosfatase alcalina quando estão em processo ativo de deposição de matriz óssea ou orgânica. Como uma parte desta enzima difunde-se para o sangue, o seu nível sanguíneo constitui um bom indicador da taxa de formação óssea (NYMAN et alii, 1991).

Os resultados radiológicos obtidos aos 30 dias (Figuras 2 e 3) representam o estágio final da

consolidação. Verificamos que no grupo controle osteotomizado sedentário (Figura 2) ainda aparecem traços de consolidação enquanto que no outro grupo, isto é, nos animais que realizaram a atividade física, não aparecem mais esses traços. Embora o grupo 2.OT (Figura 3) não tenha apresentado diferença nos níveis de fosfatase alcalina, a consolidação se mostra completa na radiografia aos 30 dias. Este fato pode estar relacionado com uma influência da atividade física sobre as etapas posteriores à proliferação osteoblástica.

Com relação aos testes de resistência mecânica, verificamos que a atividade física utilizada nesse estudo não demonstrou diferença significativa na resistência óssea, na flexa de ruptura e na rigidez óssea (Tabelas 1, 2 e 3). Assim, a resistência e rigidez do calo ósseo parecem não estar sendo prejudicado ou beneficiado pela atividade física. Embora os testes de resistência mecânica não tenham apontado diferenças entre os grupos, as radiografias mostraram resultados contrários, provavelmente relacionado com as etapas em que ambos foram realizados. Estudos referentes ao teste de resistência mecânica em etapas mais precoces já estão em desenvolvimento objetivando verificar se estas diferenças realmente são significativas ou não. Portanto, a atividade física pode acelerar o processo de reparo do tecido ósseo, apesar de não interferir na resistência mecânica do osso.

Referências Bibliográficas

- ANIANSO, A. et alii. Impaired muscle function with aging. *Clin. Orthop. Rel. Res.*, v.191, p.193-210, 1984.
- AYALON, J. et alii. Dynamic bone loading exercises for postmenopausal women: effect on the density of the distal radius. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, v. 68, p.280-283, 1987.
- ASTRAND, P.O. ; RODAHL, K. *Tratado de Fisiologia do Exercício*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 617 p., 1980.
- BRADBEER, J.N. et alii. Fluctuation of mineral apposition rate at individual bone-remodeling sites in human iliac cancellous bone: independent correlations with osteoid width and osteoblastic alkaline phosphatase activity. *Journal of Bone and Mineral*

Research. v.9(11), p.1679-1687, 1994.

DOYLE, F. et alii. Relation between bone mass and muscle weight. **Lancet.** v.1, p.391-3, 1970.

GRUNDNES, O.; REIKERAS, O. Mechanical effects of function on bone healing. **Acta Orthopaedics Scandinavica,** v. 62, n. 2, p. 163-5, 1991.

LANGLOIS, M.R. et alii. Posttranslational heterogeneity of bone alkaline phosphatase in metabolic bone disease. **Eur. J. Clin. Chem. Clin. Biochem.** v.32, p.675-680, 1994.

LEEDS, E.M. et alii. Bone mineral density after bicycle ergometry training. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation,** v.71, p.207-9, 1990.

MARCUS, R. et alii. Osteoporosis and exercise in women. **Medicine and Science in Sport and Exercise,** v.6, p.163-5, 1991.

NILSON, BE.; WESLIN, NE. Bone density in athletes. **Clinical Orthopaedics,** v.77, p.179-82, 1991.

NYMAN, M.T. et alii. Clinical evaluation of fracture healing by serum osteocalcin and alkaline phosphatase. **Annales Chirurgiae et Gynaecologiae,** v 80, p.289-293, 1991.

ORWOLL, E.S. et alii. The relationship of swimming exercise to bone mass in men and women. **Archives of Internal Medicine,** v.149, p.2197-2200, 1989.

O'SULLIVAN, M.E. et alii. Experimental study of effect of weight bearing on fracture healing in the canine tibia. **Clinical Orthopaedics and Related Research.** n.302, p.273-283, 1994.

PRICE, JS. et alii. The cell biology of bone growth. **European Journal of Clinical Nutrition,** v.48, 131-49, 1994.

WILSON, J.D.; FOSTER, D.W. **Williams Textbook of Endocrinology.** 8th ed, U.S.A.: W.B. Saunders Company, p.1397-1476, 1992.

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA:

Avenida 24-A, 1515

Fone (0195) 34-0244 - Ramal 161

CEP. 13506-900 - Rio Claro - São Paulo.