

# EFEITO DO TREINAMENTO FÍSICO SOBRE A RESISTÊNCIA ÓSSEA<sup>1</sup>

*Marcelo Renato Guerrino<sup>2</sup>*

*Mauro Gonçalves<sup>3</sup>*

*Tomaz Puga Leivas<sup>4</sup>*

## **RESUMO**

*A intensão deste estudo foi analisar os efeitos do treinamento físico sobre a resistência mecânica óssea a esforços deformantes em tibia de ratos. O processo de treinamento físico consistiu de natação 1 h por dia com carga de 5% do peso corporal por 30 dias. Foram realizados as seguintes análises: glicogênio muscular (gastrocnêmio), resistência máxima, flexa de ruptura e rigidez média. Verificamos que o tipo de atividade física realizada nesse estudo provocou aumento no glicogênio muscular e elevou a resistência e a rigidez óssea após 30 dias de treinamento.*

*UNITERMOS - treinamento físico, resistência mecânica.*

## **1. INTRODUÇÃO**

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 al. (1994) sugerem que um trabalho de deambulação somente através do peso de sustentação tem demonstrado um efeito positivo na remodelagem óssea em tíbias de cachorros. Alguns trabalhos mostraram

que programas de treinamento com exercícios em ratos Wistar alteraram o comprimento final, o peso e o metabolismo de cálcio ósseo nestes animais (UMEMURA et al., 1992).

Estudos realizados em populações ativas e sedentárias mostraram correlação positiva entre o nível de atividade e a densidade óssea mineral (BMD). Para demonstrar a relação entre carga e densidade óssea, AYALON et al. (1987) submeteram 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 al. (1989) encontraram maior densidade mineral radial e vertebral entre homens que nadavam regularmente quando comparados com os não exercitados. Embora a natação seja considerada uma atividade em que não há suporte do peso corporal, o aumento da densidade óssea pode estar relacionado com a intensidade da atividade muscular.

<sup>1</sup> Apoio financeiro FAPESP

<sup>2</sup> Pós-graduando do Laboratório de Biodinâmica do Depto. de Educação Física - IB - UNESP - Rio Claro.

<sup>3</sup> Professor do Depto. de Educação Física - Laboratório de Biodinâmica - IB - UNESP - Rio Claro.

<sup>4</sup> Engenheiro Chefe do Laboratório de Biomecânica - LIM41 do Inst. de Ortopedia e Traumatologia - Fac. Medicina - USP - São Paulo.

Evidências recentes sugerem que exercícios localizados com cargas constituem-se em estímulo osteogênico mais eficiente do que exercícios sem carga e uniformemente distribuídos (MARCUS et al., 1991). Alguns pesquisadores têm encontrado correlação positiva entre a carga muscular e densidade óssea em estudos utilizando biópsia de músculos em pacientes com fratura óssea (ANIANSO et al., 1984). LEEDS et al. (1990) submetem 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 atividade de modelamento do osso e 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 demonstraram 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).

RICO et al. (1994) estudaram através de tomografia computadorizada em 50 indivíduos as diferenças de densidade mineral óssea cortical e trabecular entre o membro dominante e não dominante. Relataram que não houve aumento na densidade mineral óssea trabecular e sim diferenças significativas na densidade mineral óssea cortical no membro dominante. Concluíram que,

uma execução mínima ou moderada de exercício pode estimular o osso cortical.

A tensão, a compressão e as cargas multiaxiais nos ossos devem ser conhecidas, pois elas ajudam a entender melhor as prováveis cargas que o osso pode suportar e conseqüentemente compreender mais a aplicação de determinados exercícios. De modo geral, todos os corpos sofrem deformações, isto é, alterações em suas dimensões lineares, quando submetidos a forças de compressão ou de tração (OKUNO et al., 1982). Apesar da sua resistência às pressões e da sua dureza, o tecido ósseo é muito plástico, sendo capaz de remodelar sua estrutura interna em resposta a modificações nas forças a que está submetido normalmente

Diante das considerações da literatura, nosso principal objetivo foi estudar a influência do treinamento crônico sobre a resistência máxima, flexa de ruptura e rigidez média durante o exercício crônico.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

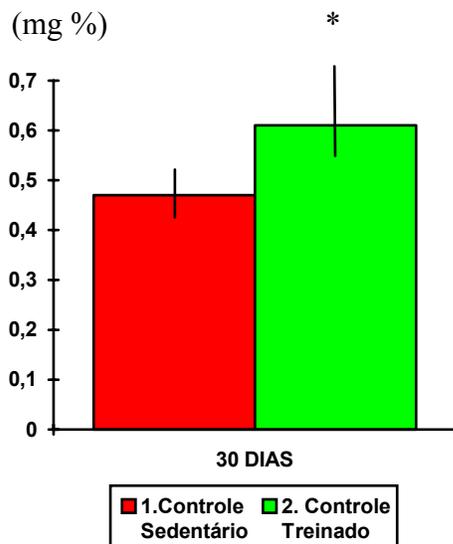
Foram utilizados ratos machos adultos jovens da linhagem Wistar com 70 dias, provenientes do Biotério Central da UNESP - Botucatu e mantidos no Biotério do Laboratório de Biodinâmica do Departamento de Educação Física - IB - UNESP - Rio Claro. Os animais foram alimentados com ração balanceada padrão para roedores (Purina) e água "ad libitum" e mantidos em gaiolas coletivas à temperatura controlada de 25 ° C e fotoperíodo de 12 horas claro/escuro, distribuídos nos grupos: Controle Sedentário (CS); Controle Treinado (CT). O treinamento físico consistiu de natação, com sobrecarga de peso equivalente à 5% do peso corporal uma hora por dia durante 30 dias. Os ratos foram sacrificados para as seguintes análises: retirada do músculo gastrocnêmio, para a

dosagem de glicogênio (MARTELLI & PANEK, 1968) e teste de resistência máxima a flexão, flexa de ruptura e rigidez média das tíbias esquerdas. Os testes foram realizados em uma 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 test T-Student.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Glicogênio muscular

O grupo CT como se pode observar na Figura 1, apresentou glicogênio muscular mais elevado aos 30 dias de experimento quando comparados aos sedentários.



**FIGURA 1.** Glicogênio no músculo gastrocnêmio esquerdo dos animais experimentais no dia do sacrifício. \* diferença significativa ( $p < 0,05$ , test-t) em relação ao controle sedentário.

#### 3.2. Resistência mecânica

Quanto aos testes de resistência mecânica (Tabelas 1, 2 e 3) verificamos que o tipo de atividade física utilizado nesse estudo resultou em diferenças significativas na resistência óssea e na rigidez média das tíbias dos animais treinados quando comparado aos sedentários. A flexa de ruptura não apresentou diferença estatística significativa entre os grupos.

**TABELA 1.** Resistência Máxima (kgf) das tíbias dos animais experimentais após 30 dias.

GRUPOS		Tíbia
		Esquerda
1.CS	(n = 11)	9,21 ± 0,73
2.CT	(n = 11)	12,60 ± 1,23*

Resultados expressos como Média ± Desvio Padrão; n = número de animais. \* diferença significativa ( $p < 0,05$ , test-t) em relação ao controle sedentário.

CS = Controle Sedentário

CT = Controle Treinado

**TABELA 2.** Flexa de ruptura (mm) das tíbias dos animais experimentais após 30 dias.

GRUPOS		Tíbia
		Esquerda
1.CS	(n = 11)	0,63 ± 0,11
2.CT	(n = 11)	0,69 ± 0,12

Resultados expressos como Média ± Desvio Padrão; n = número de animais.

CS = Controle Sedentário

CT = Controle Treinado

**TABELA 3.** Rigidez Média (Kgf/mm) das tíbias dos animais experimentais após 30 dias.

GRUPOS	Tíbia	
		Esquerda
1.CS	(n = 9)	14,48 ± 2,90
2.CT	(n = 9)	18,00 ± 1,12
		*

Resultados expressos como Média ± Desvio Padrão; n = número de animais. \* diferença significativa ( $p < 0,05$ , test-t) em relação ao controle sedentário.

CS = Controle Sedentário

CT = Controle Treinado

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1. Glicogênio muscular

O glicogênio muscular apresentou aumento significativa aos 30 dias de experimento nos grupos treinados quando comparados aos sedentários. Isto pode ser justificado pelo aumento da demanda de glicogênio imposta pelo exercício de longa duração pois os processos de síntese e degradação do glicogênio nos tecidos envolvem enzimas cuja atividade estão sob influência de hormônios reguladores e contra reguladores (WILSON & FOSTER, 1992).

A elevação nos teores do glicogênio muscular é indicativa de que o protocolo de treinamento atuou sobre o metabolismo do animal, e de que os ratos realmente foram treinados. Esses aspectos mostram que o ritmo de desenvolvimento de algumas adaptações metabólicas está na dependência não só das alterações que ocorrem a nível dos sistemas enzimáticos, mas também, da especificidade de cada tecido analisado.

### 4.2. Resistência mecânica

O tecido ósseo é um dos mais resistentes e rígidos do corpo humano. O resultado final da deformação mecânica repetida e das contrações musculares

resulta em aumento das correntes elétricas pulsáteis no osso através de fenômenos piezoelétricos e de fluxo (TUREK, 1991). Os grupos que realizaram o treinamento apresentaram maior resistência mecânica que os animais sedentários, o que parece estar de acordo com achados de FYHRIE & SCHAFFLER (1995), que verificaram diferenças entre a resistência óssea de animais que realizaram exercícios com carga e animais com perda óssea por desuso.

Sobre a flexa de ruptura, neste período experimental, não foi observada nenhuma diferença significativa entre os grupos. Contudo, o grupo treinado apresentou tendência a valores maiores.

Quanto à rigidez média, encontramos valores mais elevados nos animais treinados quando comparados ao, que não realizaram atividade física. NORDSLETTEN et al. (1994) descrevem que a estimulação da contração muscular através de eletrodos por período de 25 dias, aumenta a rigidez óssea em tíbias de ratos em cerca de 84 % quando comparados com não estimulados. Pois, o osso mecanicamente comprimido pela contração muscular gera um potencial elétrico provocando uma osteogênese aumentada. Portanto, este tipo de treinamento aumentando a contração muscular sobre o tecido ósseo parece favorecer o processo de resistência e rigidez óssea.

## 5. CONCLUSÕES

O esquema de treinamento físico utilizado (natação com carga de 5 %) provocou aumento na concentração de glicogênio muscular, bem como elevou a resistência máxima do tecido ósseo e a rigidez óssea aos 30 dias de experimento.

## EFFECTS OF THE EXERCISE TRAINING ON THE BONE RESISTANCE

### ABSTRACT

*The purpose of this study was to investigate the effects of the exercise training on the bone resistance to deforming efforts in the tibia of rats. The physical training consisted of swimming 1 h per day supporting a load of 5% body weight. The animals were submitted to the following analyses: muscle glycogen and resistance to deforming efforts at 30 days of experiment. Our work showed that physical training done in this study increased muscle glycogen, content maximum resistance and stiffness at 30 days of training.*

*UNITERMS:* physical training, resistance to deforming efforts.

### 6. REFERÊNCIAS

- ANIANSO, A., ZITTERBERG, C., HEDBERG, M., Impaired muscle function with aging. **Clin. Orthop. Rel. Res.**, v.191, p.193-210, 1984.
- ASTRAND, P.O., RODAHL, K. **Tratado de fisiologia do exercício**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980. 617 p.
- AYALON, J., SINKIN, A., LEICHTER, I. Dynamic bone loading exercises for postmenopausal women: effect on the density of the distal radius. **Arch. Phys. Med. Rehabil.**, v. 68, p.280-283, 1987.
- FYHRIE, D.P., SCHAFFLER, M.B. The adaptation of bone apparent density to applied load. **J. Biomech.**, v.28, p.135-146, 1995.
- LEEDS, E.M. et al. Bone mineral density after bicycle ergometry training. **Arch. Phys. Med. Rehabil.**, v.71, p.207-9, 1990.
- MARCUS, R. et al. Osteoporosis and exercise in women. **Med. Sci. Spt. Exerc.**, v.6, p.163-165, 1991.
- MARTELLI, H.L., PANEK, A.D. **Bioquímica experimental**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1968. 122 p.
- NORDESLETTEN, L. et al. Muscle contraction increases the strength of healing tibial fracture in the rat. **Acta Orthop. Scand.**, v.65, p.191-194, 1994.
- NYMAN, M.T. et al. Clinical evaluation of fracture healing by serum osteocalcin and alkaline phosphatase. **Annales Chirurgiae et Gynaecologiae**, v 80, p.289-293, 1991.
- O'SULLIVAN, M.E. et al. Experimental study of effect of weight bearing on fracture healing in the canine tibia. **Clin. Orthop. and Rel. Res.** n.302, p.273-283, 1994.
- OKUNO, E., CALDAS, I.L., CHOW, C. **Física para ciências biológicas e biomédicas**. São Paulo: Harbra, 1982. 490 p.
- ORWOLL, E.S. et al. The relationship of swimming exercise to bone mass in men and women. **Arch. Intern. Med.**, v.149, p.2197-2200, 1989.
- RICO, H. et al. Cortical versus trabecular bone mass: Influence of activity on both bone components. **Calcif. Tissue Int.**, v.54, p.470-472, 1994.
- TUREK, S.L. **Ortopedia: princípios e sua aplicação**. 4. ed., São Paulo: Manole, 1991. p.250-257.
- UMEMURA, Y. et al. Effects of voluntary exercise on bone growth and calcium metabolism in spontaneously hypertensive rats. **Int. J. Sports Med.** v.13, p.476-480, 1992.