

# EFEITO DA CINESIOTERAPIA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE FLEXÃO DE OSSOS APÓS IMOBILIZAÇÃO

**Gelson Araújo de Souza<sup>1</sup>, Erick Onari<sup>2</sup>, Carlos Alberto R. P. Baptista<sup>3</sup>,  
Rodrigo Labat<sup>4</sup>, Alfeu Saraiva Ramos<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>UNIVAP/IP&D, R. Marquês do Herval – 366 – Taubaté, gelsonsouza@hotmail.com

<sup>2</sup>UNIVAP/IP&D, R. Shishimi Hifumi, 2911 – S. J. Campos, onari.vet@ig.com.br

<sup>3</sup>USP/FAENQUIL/DEMAR, Pólo Urbo Industrial, Lorena, [baptista@demar.faenquil.br](mailto:baptista@demar.faenquil.br)

<sup>4</sup>UNIVAP/IP&D, R. Shishimi Hifumi, 2911 – S. J. Campos, labat@univap.br

<sup>5</sup>UNIVAP/IP&D, R. Shishimi Hifumi, 2911 – S. J. Campos, alfeuramos@uol.com.br

**Resumo** – Recentes estudos envolvendo a determinação de propriedades mecânicas de ossos têm sido realizados. Nestes, seções esféricas têm sido adotadas. Alguns trabalhos mencionam apenas valores da carga atuante durante o ensaio. A utilização de critérios matemáticos para a medição da resistência em flexão de ossos do fêmur de ratos foi avaliada após períodos de imobilização (3 semanas) e atividade física posterior (natação por 4 semanas). Dessa forma, os valores da força e do deslocamento foram medidos. Para o cálculo da tensão, foi assumido que os ossos apresentam seção reta na forma de uma elipse. Os parâmetros adotados nas equações permitiram a comparação dos dados, independentemente da variação de tamanhos. Os resultados indicaram que os níveis de tensão foram reduzidos após período de imobilização e que os mesmos foram restabelecidos após atividade física, indicando que o seu uso precoce pode contribuir para uma recuperação mais efetiva após um determinado período de imobilização. Além disso, foi notada uma tendência de menores valores de deflexão em ossos imobilizados, provavelmente devido à perda de nutrientes orgânicos e inorgânicos.

**Palavras-chave:** 1. Imobilização 2. Cinesioterapia 3. Propriedades mecânicas 4. Flexão

**Área de conhecimento:** III - Engenharias

## Introdução

A estrutura tubular típica para os corpos de muitos ossos dos membros é o arranjo mais forte, mais leve e, consequentemente, o mais econômico que pode ser planejado [1]. Esta forma de construção é de fato amplamente distribuída por todo esqueleto humano e talvez só seja modificada onde forças de arqueamento, torção e tensão exigem acúmulos mais consideráveis de osso compacto. Geralmente, as atividades que solicitam tensão óssea têm efeito positivo no aumento da massa óssea [2, 3], e os benefícios da atividade física na infância podem continuar na fase adulta [4, 5]. Isto sugere que a atividade física durante o crescimento pode direcionar a grandes alterações no tamanho do osso tanto que podem ocorrer durante a fase adulta também devido a um periôsteo já aumentado. As perdas de massa óssea (que ocorrem em situações que diminuem a resistência óssea e

reduzem as forças que agem sobre o osso) são extremamente rápidas, mas reversíveis [6]. A força da contração de um músculo esquelético gerado durante uma atividade motora está entre as maiores forças a que os elementos do esqueleto humano estão sujeitos [7]. A condição saudável do osso está diretamente relacionada ao padrão das forças mecânicas a que está normalmente sujeita, e a manutenção da força muscular está associada com o seu uso regular [8].

A fragilidade óssea é um conceito importante na medicina que predispõe ao aumento do risco de fratura. O acúmulo de danos que afetam a tensão no osso cortical e suas alterações pode contribuir para o aumento da fragilidade óssea [9]. Desta forma, o exercício tem sido considerado como a maneira apropriada para aumentar a massa óssea durante o período de crescimento e na prevenção da osteopenia e osteoporose [10]. O acúmulo de microlesões prejudica as propriedades mecânicas do osso pela

redução de seu módulo elástico [11]. Este trabalho tem o objetivo de verificar os efeitos da imobilização e posterior atividade física nas propriedades mecânicas de flexão de ossos fêmur de ratos.

## Materiais e Métodos

Foram utilizados para os experimentos apenas 12 ratos adultos jovens da raça *Wistar* (*Rattus Novergicus Albinus*). Um número reduzido de animais foi utilizado, tendo em vista que nestes estudos o importante é a verificação de uma tendência, o que está de acordo com as normas dos Princípios Éticos na Experimentação Animal do Colégio Brasileiro de Experimentação Animal. É importante ser ressaltado que os valores de resistência variam dentro de uma mesma espécie e em função das dimensões e massa óssea.

Os animais foram divididos em quatro grupos experimentais:

- 1 – Grupo controle: os animais foram colocados em gaiola sem imobilização, com livre acesso à água e alimentação, sendo sacrificados após três semanas;
- 2 – Grupo imobilizado de controle: os animais foram imobilizados com gesso sintético (membro posterior direito) durante três semanas, sendo esta imobilização retirada, e posteriormente sacrificados;
- 3 – Grupo imobilizado sem atividade física: os animais foram imobilizados com gesso sintético (membro posterior direito) durante quatro semanas, sendo esta imobilização retirada; foram mantidos na gaiola durante um período de quatro semanas, e depois sacrificados;
- 4 – Grupo imobilizado com atividade física: os animais foram imobilizados com gesso sintético (membro posterior direito) durante três semanas, sendo esta imobilização retirada para a realização de atividade física de natação por um período de quatro semanas, e depois, foram sacrificados.

**Técnica de Imobilização:** A região imobilizada (tronco e membro posterior direito) foi envolta por uma malha tubular de tecido de fibra tricotado, impregnado com resina de poliuretano. A justificativa para o uso do gesso sintético para a imobilização foi se tratar de um recurso com pouca flexibilidade do material, com menor peso (10% do gesso comum) e maior resistência, procurando minimizar o estresse do animal.

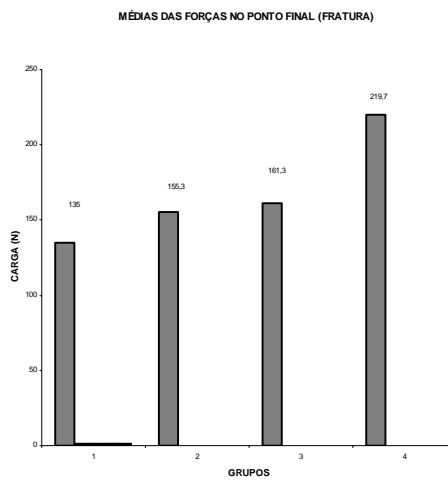
**Atividade Física:** Inicialmente, os animais foram submetidos a um trabalho diário de adaptação ao exercício na água de 15 minutos e aumentos graduais no tempo de exercício, até o limite de 60 minutos.

**Coleta do Material:** Cada animal, através de uma incisão na região lateral do quadril, teve o membro posterior direito retirado pela desarticulação do quadril, sendo a musculatura que envolve o osso fêmur foi removida.

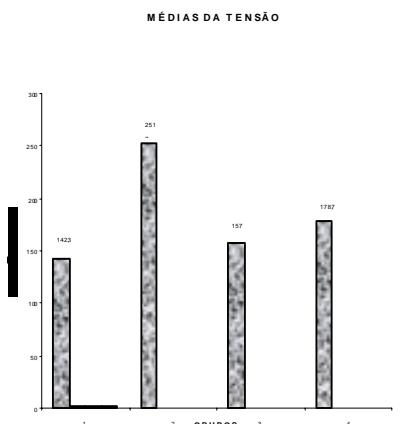
**Ensaios Mecânicos de Flexão:** Os ossos fêmur foram submetidos aos ensaios mecânicos de flexão de três pontos, em uma máquina de ensaios universal servo-hidráulica MTS. Os experimentos foram realizados a uma velocidade de 1mm/minuto, sendo o vão entre os pontos de apoio de 16mm. Uma célula de carga de 500 N foi adotada para a realização destes experimentos.

## Resultados

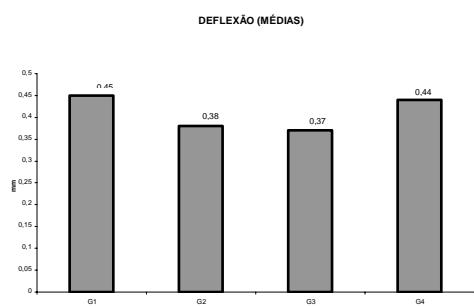
**Força versus Deslocamento:** Os valores médios obtidos no ensaio mecânico de flexão de três pontos foram de 135 N para o grupo 1 – controle, de 153 N para o grupo 2 – imobilizado, de 161,3 N para o grupo 3 – imobilizado sem atividade física, e de 219,7 N para o grupo 4 – imobilizado com atividade física.



**Tensão:** Os valores médios da tensão obtidos no ensaio mecânico de flexão de três pontos foram de 142,3 MPa para o grupo 1 – controle, de 251,7 MPa para o grupo 2 – imobilizado, de 157,7 MPa para o grupo 3 – imobilizado sem atividade, e de 178,7 MPa para o grupo 4 – imobilizado com atividade física.



**Deflexão:** As médias da deflexão obtidas no ensaio de flexão foram de 0,45 mm para o grupo 1 – controle, de 0,38 mm para o grupo 2 – imobilizado, de 0,37 mm para o grupo 3 – imobilizado sem atividade, e de 0,46 mm para o grupo 4 – imobilizado com atividade física.



## Discussão

Atividade física é um importante fator de obtenção de pico de massa óssea [12]. O exercício regular parece aumentar a densidade mineral óssea, não apenas nas regiões particularmente estressadas, mas em todo o sistema esquelético [13].

Os dados obtidos no ensaio mecânico de flexão demonstram que houve uma tendência de recuperação dos valores da resistência máxima em flexão do grupo 4 (219N) quando comparado ao grupo 1 (135N). Esta mesma tendência foi observada na tensão máxima suportada até a fratura, em que o grupo 4 (178,7 MPa) obteve um valor superior obtido ao grupo 1 – controle (142,3 MPa). Em relação à deflexão no ponto final de fratura, observa-se uma tendência de recuperação das propriedades mecânicas do grupo 4 (imobilizado com atividade física) quando comparado ao grupo 1 (controle).

grupo 2 (imobilizado) e o grupo 3 (imobilizado sem atividade física) apresentaram valores de deflexão menores em comparação ao grupo 1 (controle), tornando os ossos mais quebradiços pela perda de suas propriedades mecânicas devido à imobilização.

## Conclusão

O trabalho mostra que houve uma tendência da perda das propriedades mecânicas do osso pela imobilização, e a atividade física leva a uma tendência de recuperação destas propriedades mecânicas do osso submetido à atividade física quando comparado aos ossos que ficaram imobilizados e ao controle.

## Referência Bibliográfica

- [1] OSTEOLOGIA. In: GRAY, H. **Anatomia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 1995, p. 191-368
- [2] BAILEY D.A., MCKAY H.A., MIRWALD R.L., CROCKER P.R., FAULKNER R.A. A six-year longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual in growing children: the University of Saskatchewan Bone Mineral Accrual Study. **J Bone Miner Res.** v. 14, p.1672– 9, 1999.
- [3] CASSELL C., BENEDICT M., SPECKER B. Bone mineral density in elite 7-to-9-yr-old female gymnasts and swimmers. **Med Sci Sports Exercise**, v.10, p.1243– 6. 1996.
- [4] KARLSSON M.K., JOHNELL O., OBRANT K.J.. Is bone mineral density advantage maintained long-term in previous weight lifters? **Calcif Tissue Int.** v.57, p. 325– 8, 1995.
- [5] BAKKER I., TWISK J.W., VAN MECHELEN W., ROOS J.C., KEMPER H.C.. Ten year longitudinal relationship between physical activity and lumbar bone mass in (young) adults. **J Bone Miner Res.** v.18, p.325– 32, 2003
- [6] BOURIN, S., PALLE, S., GENTY, C., ALEXANDRE, C. Physical exercise during remobilization restores a normal bone trabecular network after tail

suspensioninduced osteopenia in young rats.  
**J Bone Miner Res**, v.10, p. 820–828; 1995.

[7] OWINGS, T.M.; PAVOL, M.J.; GRABINER, M.D. Lower Extremity Muscle Strength Does Not Independently Predict Proximal Femur Bone Mineral Density in Healthy Older Adults. **Bone**. v. 30, n. 3, p. 515-520, 2002

[8] FROST H.M., SCHONAU E., The “muscle – bone” unit in children and adolescents: a 2000 overview. **J Pediatr Endocrinol Metab** , v.13, p.571– 90, 2000.

[9] COURTNEY, A.C., HAYES, W.C., GIBSON, L.J., Age-related difference sin post-yield damage in human cortical bone, **Journal of Biomechanics**, v.29, p. 1463–1471, 1996

[10] JOO Y. I., T. SONE, M. FUKUNAGA S.-G. LIM, S. ONODERA Effects of endurance exercise on three-dimensional trabecular bone microarchitecture in young growing rats, **Bone**, v. 33, p. 485–493, 2003.

[11] BURR D.B., FORWOOD M.R., FYHRIE D.P., MARTIN R.B., SCHAFFLER M.B., TURNER C.H., Bone microdamage and skeletal fragility in osteoporotic and stress fractures. **J Bone Min Res**, v.12, p.6–15, 1997.

[12] GUTIN B., KASPER M.J., Can vigorous exercise play a role in osteoporosis prevention? A review. **Osteoporosis Int**, v. 2, p. 55– 69, 1992

[13] BREWER V., Role of exercise in prevention of involutional bone loss, **Med Sci Sports Exercice**, v. 45, p. 445-449, 1983.