

# EFEITOS DA ELETROESTIMULAÇÃO ATRAVÉS DA CORRENTE RUSSA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA TÍBIA DE RATOS APÓS A IMOBILIZAÇÃO GESSADA

(EFFECTS OF ELECTRO STIMULATION BY RUSSIAN CURRENT IN MECHANICAL PROPERTIES OF TIBIA OF RATS AFTER IMMOBILIZATION)

Eduardo Elias Vieira de Carvalho 1,3; Douglas Reis Abdalla 2,3; Ennio da Silveira Scarpellini 1; Dayana Pousa Siqueira Abraão 1,3; Mara Rosa 3; George Kemil Abdalla 3; Leonardo César Carvalho 4.

1 – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – USP – Ribeirão Preto – SP.  
carvalhoev@usp.br; ennioss@gmail.com

2 – Universidade Federal do Triângulo Mineiro – Uberab – MG.  
abdalladr@hotmail.com

3 – Faculdade de Talentos Humanos – Uberaba – MG.  
mrosa@facthus.edu.br; dpsiqueira@facthus.edu.br; gkabdalla@facthus.edu.br

4 – Faculdade Federal de Alfenas – Alfenas – MG.  
leoncesa@hotmail.com

**Abstract:** We aimed to assess the mechanical properties of tibia of rats subjected to electrical stimulation neuromuscular (ESNM) post-immobilization. We conducted a 3-point bending test in tibias of Wistar rats: CG Control, FG Fixed 14 days; FMG Property mobilized free 14 days and 10 days, and 14 days and GIESNM Property NMES, Russian current 10 days 1/day. Herein, maximum load limit of  $58.90 \pm 5.54N$  (CG),  $34.44 \pm 9.38N$  (FG),  $49.35 \pm 5.27N$  (FMG) and  $52.85 \pm 14.57N$  (GIESNM) and the maximum deflection of  $1.15 \pm 0.57 \times 10^{-3}m$  (CG),  $0.73 \pm 0.19 \times 10^{-3}m$  (FG),  $0.66 \pm 0.18 \times 10^{-3}m$  (FMG) and  $0.57 \pm 0.22 \times 10^{-3}m$  (GIESNM). This study suggests that NMES applied by Russian current for ten days after immobilization was able to restore the maximum limit of the load on the tibia bone of rats.

**Keywords:** Bone; Immobilization; Electrical Stimulation.

**Resumo:** Avaliar as propriedades mecânicas de tibias de ratas submetidas a estimulação elétrica neuromuscular (EENM) pós-imobilização. Foi realizado o ensaio de flexão 3 pontos nas tibias de ratas wistar: GC Controle, GI Imobilizado 14 dias; GIL Imobilizado 14 dias e mobilizado livre 10 dias; e GIEENM Imobilizado 14 dias e EENM, corrente russa, 10 dias 1/dia. Documentamos, carga no limite de máximo de  $58.90 \pm 5.54N$  (GC),  $34.44 \pm 9.38N$  (GI),  $49.35 \pm 5.27N$  (GIL) e  $52.85 \pm 14.57N$  (GIE) e deflexão no limite máximo de  $1.15 \pm 0.57 \times 10^{-3}m$  (GC),  $0.73 \pm 0.19 \times 10^{-3}m$  (GI),  $0.66 \pm 0.18 \times 10^{-3}m$  (GIL) e  $0.57 \pm 0.22 \times 10^{-3}m$  (GIEENM). Sugere-se que

corrente russa aplicada por dez dias após imobilização gessada foi capaz de restabelecer a carga no limite máximo do osso da tíbia de ratas.

*Palavras chave: Osso; Imobilização; Estimulação Elétrica.*

## INTRODUÇÃO

Diariamente o tecido ósseo sofre alterações devido ação de estímulos mecânicos. A imobilização é uma técnica frequentemente usada para tratar afecções dos tecidos moles e doenças ósseas (PENNOCK, 1972; APPELL, 1990), podendo ser capaz de deteriorar a microarquitetura do tecido ósseo, com conseqüente aumento da fragilidade óssea e suscetibilidade a fraturas. Estima-se que 30% da perda de substância óssea durante o período da imobilização seja resultado da reabsorção óssea e 70% pela não formação óssea, por conseqüência da falta de estímulo (MINAIRE, 1989; WEINREB, 1989).

Em um primeiro momento, já no início da imobilização, a redução do estímulo mecânico ocasiona uma diminuição na formação óssea e induz a atividade de reabsorção óssea sem resposta de oposição. Em seres humanos, a perda óssea, devido ao processo de imobilização, atinge seu limite máximo nas primeiras seis semanas e é acompanhada, a partir desse período, de uma taxa melhor de perda (KANNUS, 1994).

AARON & CIOMBOR (1996) estudaram o processo de ossificação endocondral, em ratos, sob influência de campo eletromagnético pulsado e observaram aceleração do tempo de reparo e aumento quantitativo na incorporação de sulfato, no conteúdo de glicosaminoglicanos e na calcificação. A calcificação foi acelerada e a maturação óssea foi maior nos ossos sob estimulação.

Embora o osso seja uma substância dura, é um tecido dinâmico, que muda de forma, dependendo da força a ele aplicada. Uma maneira de propiciar compactação, gerando estímulo para deposição de cálcio, seria a contração muscular (DINIZ, 2006).

Dessa forma nós levantamos a hipótese de que após um período de imobilização o osso perderia algumas de suas propriedades mecânicas, como a carga no limite máximo, ficando mais propenso a fraturas, no entanto, se uma terapia com estimulação elétrica neuromuscular, através da corrente russa, for aplicada na musculatura que se insere neste osso, após o período de imobilização, suas propriedades biomecânicas poderiam ser restabelecidas.

Este trabalho teve por objetivo avaliar as propriedades biomecânicas das tíbias de ratas imobilizadas e submetidas à estimulação elétrica neuromuscular por corrente russa pós-imobilização.

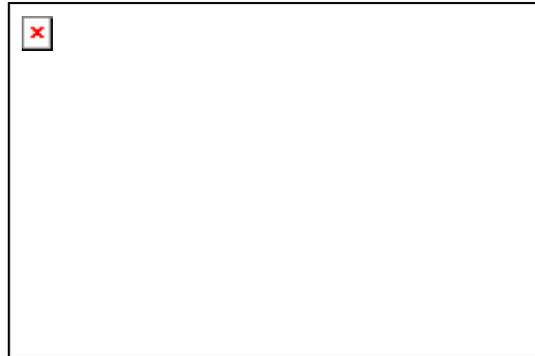
## MÉTODOS

Foram utilizadas 44 ratas da variedade Wistar, com massa corpórea média de  $217,31 \pm 15,59$ g. Divididas nos seguintes grupos de investigação:

**Grupo Controle (GC)** - este grupo foi composto por 12 animais, os mesmos não foram submetidos a nenhum tipo de intervenção terapêutica, apenas foram pareados com os grupos de intervenção e sofreram processo de eutanásia, com dose excessiva de anestésico, e dessecação do membro posterior direito, onde foi retirada a tíbia para a análise mecânica.

**Grupo Imobilizado (GI)** - este grupo foi composto por 12 animais, que foram submetidos a imobilização do membro posterior direito. A imobilização seguiu os

modelos de BOOTH & KELSO (1973), porém adaptada para apenas um membro (Figura 1). O aparelho gessado estendia-se pela pelve, quadril e joelho até a região do pé. Para a realização da imobilização os animais eram previamente anestesiados. Os animais ficaram imobilizados por 14 dias. Posteriormente os animais sofreram os mesmos procedimentos realizados no grupo controle.



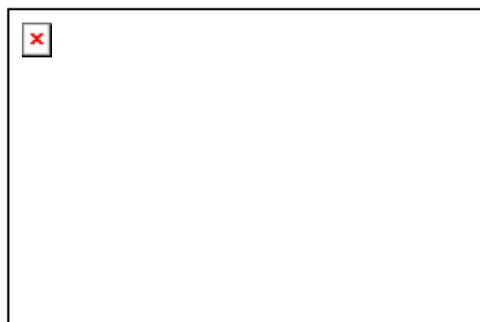
**Figura 1: Ilustração da técnica de imobilização gessada.**

**Grupo Imobilizado e Liberado (GIL)** - Este grupo foi composto por 12 animais, submetidos à imobilização nos mesmos padrões do grupo imobilizado, permanecendo imobilizados por um período de 14 dias. Posteriormente à imobilização os animais foram liberados por um período de dez dias em seguida foi realizado a eutanásia e dissecação.

**Grupo Imobilizado e Eletroestimulado (GIEENM)** - Este grupo foi composto por 12 animais, submetidos à imobilização por 14 dias, posteriormente foram liberados e submetidos ao processo de eletroestimulação. Os animais foram tratados por um período de dez dias consecutivos, contando a partir da retirada do aparelho gessado. Posteriormente ao período de tratamento os animais passaram pelo mesmo procedimento dos demais animais.

Os parâmetros utilizados para estimulação dos animais foram: Frequência de 50 Hz, ciclo ON de seis segundos, ciclo OFF de 13 segundos e uma intensidade capaz de promover uma contração visível do músculo gastrocnêmico.

O ensaio mecânico de flexão em três pontos foi realizado com auxílio da máquina universal de ensaio EMIC® modelo DL3000 equipada com uma célula de carga de 50 Kgf, que foi manuseada por um técnico devidamente treinado e cego quanto aos grupos de investigação. Figura 2

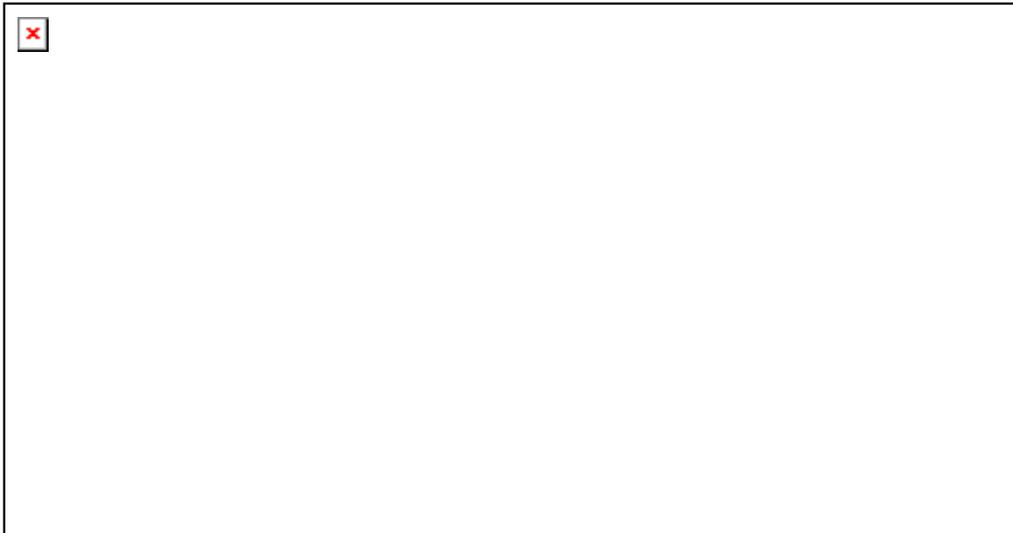


**Figura 2: Ilustração do ensaio mecânico de flexão em três pontos no osso da tíbia das ratas.**

As propriedades mecânicas foram obtidas a partir do gráfico carga *versus* deflexão, sendo avaliadas as propriedades de carga no limite máximo e deflexão no limite máximo.

## RESULTADOS

Foi observada diferença estatisticamente significativa, com  $p < 0,01$ , na comparação da carga no limite máximo do GC ( $58.90 \pm 5.54$  N) com os GI ( $34.44 \pm 9.38$  N) e GIL ( $49.35 \pm 5.27$  N). Não houve diferença entre o GC e o GIEENM ( $52.85 \pm 14.57$  N). Também houve diferença significativa entre o GIEENM e os GI e GIL, com  $p < 0,05$ .



**Figura 3: Comparação da Carga no Limite Máximo entre os grupos estudados. \*  $p < 0,01$  vs GC; #  $p < 0,05$  vs GIEENM.**

Foi documentada diferença significativa na comparação da deflexão no limite máximo entre o GC ( $1.15 \pm 0.57 \times 10^{-3}$  m) e os GI ( $0.73 \pm 0.19 \times 10^{-3}$  m), GIL ( $0.66 \pm 0.18 \times 10^{-3}$  m) e GIEENM ( $0.57 \pm 0.22 \times 10^{-3}$  m).



**Figura 4: Comparação da Deflexão no Limite Máximo entre os grupos estudados. \*  $p < 0,01$ .**

## **DISCUSSÃO**

Os principais resultados dessa investigação mostram que após um período de imobilização de quatorze dias, da pata traseira direita dos animais estudados, a estimulação elétrica neuromuscular, através da corrente russa, na musculatura que se insere nos ossos deste segmento, foi capaz de reestabelecer a carga no limite máximo do osso da tíbia, desses animais.

Outro achado importante, documentado na propriedade de carga máxima, foi a redução significativa desta variável evidenciada no GI ( $34.44 \pm 9.38$  N) e no GIL ( $49.35 \pm 5.27$  N) quando comparado com os valores obtidos no GC ( $58.90 \pm 5.54$  N), com  $p < 0,01$  e quando comparado com o GIEENM ( $52.85 \pm 14.57$  N)  $p < 0,05$ .

Estes resultados corroboram com achados prévios da literatura que demonstram que a imobilização gessada pode diminuir a formação óssea e induzir a reabsorção. Em contra partida, a estimulação através da contração muscular está associada a uma maior deposição de cálcio nos ossos (KANNUS, 1994; DINIZ, 2006).

Maciel e colaboradores (2008), estudaram os efeitos da contração muscular em dois grupos de ratas Wistar treinadas, em roda e natação, e compararam, com um grupo controle sedentário, a carga no limite máximo através de ensaio mecânico de três pontos no osso da tíbia. Neste estudo os autores documentaram uma maior força no grupo treinado na roda ( $110,4 \pm 14,98$  N) e no grupo de natação ( $118,02 \pm 17,43$  N) em comparação com o grupo controle ( $100,38 \pm 17,79$  N),  $p < 0,002$ . Os autores concluíram, assim como nosso estudo pode sugerir, que a contração muscular foi capaz de aumentar a força suportada da carga no limite máximo, nos ossos dos animais treinados.

Nossos resultados não só confirmaram estes achados, como também demonstraram que a contração muscular foi capaz de restabelecer a carga máxima em um curto período de tempo, em comparação com os animais controle. No melhor do nosso conhecimento, este é um dos poucos estudos a demonstrar esse efeito terapêutico

benéfico da contração muscular, através da estimulação elétrica neuromuscular, sobre a carga máxima do osso da tíbia.

Adicionalmente, nossos resultados mostraram que a deflexão no limite máximo reduziu significativamente após o período de imobilização e este efeito não foi revertido após o período de mobilização livre e nem após o estímulo de contração através da eletroestimulação com corrente russa.

Também em concordância com nossos achados, Silva e Volpon (2004), estudaram um grupo de ratas Wistar divididas em quatro grupos, sendo eles, um controle e os outros três grupos os animais foram suspensos pela calda, para induzir o imobilismo das patas traseiras, por um período de sete dias, quatorze dias e vinte e um dias. Os autores observaram redução estatisticamente significativa,  $p < 0,001$ , da carga no limite máximo dos grupos em suspensão em comparação com o grupo controle, no entanto, não observou uma redução significativa da deflexão no limite máximo.

Esta comparação sugere, que a variável deflexão no limite máximo, após período de imobilização, seja ela gessada ou por suspensão, assim como o efeito da eletroestimulação, ainda é um assunto controverso na literatura e necessita de mais estudos para demonstrar o efeito de diferentes estímulos sobre esta variável.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estes achados mostram que as propriedades biomecânicas, carga no limite máximo e deflexão no limite máximo, do osso da tíbia de ratas, após período de imobilização, sofrem uma redução significativa.

Nossos resultados demonstraram que a eletroestimulação através da aplicação da corrente russa, em um curto período de tempo, foi capaz de restabelecer a carga no limite máximo, mas não influenciou na deflexão no limite máximo.

## REFERÊNCIAS

AARON R.K., CIOMBOR, D.M. Acceleration of experimental endochondral ossification by biophysical stimulation of the progenitor cell pool. **Journal of Orthopaedic Research**. 1996;v.14, p.582-589.

APPELL, H.J. Muscular atrophy following immobilization. A review. **Sport Med**. 1990;10:42-58.

BOOTH, F.W.; KELSO, J.R. "Protection of rat muscle atrophy by cast fixation", **J Appl Physiol**, 1973;v. 34, n. 3, p. 404- 406.

DINIZ, J.S., DIONÍSIO, V.C., NICOLAU, R.A., PACHECO, M.T.T. Propriedades mecânicas do tecido ósseo: uma revisão bibliográfica. IX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e V Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba. 2006;1363-1366.

KANNUS P, JOSZA L, RENSTROM P, JARVINEN M, KVIST M, VIENO T, JARVINEN HA & NATRIA A. Free mobilization and low- to high-intensity exercise in immobilization- induced muscle atrophy. **Journal Applied Physiology**, 1994;84:1418-1424.

MACIEL, R.R.B.T.; GREVE, J.M.A. Propriedades mecânicas e densidade mineral óssea de ratas Wistar submetidas a programas de exercícios físicos em roda e piscina. Dissertação(mestrado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. 2008; p91.

MINAIRE, P. Immobilization osteoporosis. A review. **Clin Rheumatol**. 1989;8:95-103.

PENNOCK, J.M.; KALU, D.N.; CLARK M.B.; FOSTER, G.V.; DOYLE, F.H. (1972). Hipoplasia of bone induced by immobilization. **Br J Radiol**, 45: 641-646.

SILVA, A.V.; VOLPON, J.B. Modelo de suspensão pela cauda e seu efeito em algumas propriedades mecânicas do osso do rato. **ACTA ORTOP BRAS** 2004;12(1):22-31.

WEINREB, M.; RODAN, G. A.; THOMPSON, D.D. Osteopenia em the immobilized rat hind limb is associated with increased bone resorption and decreased bone formation. **Bone**, 1989;10:187-194.