

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 dessecção 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.

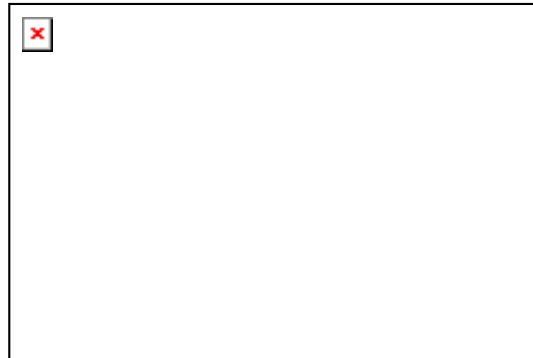


Figura 1: Ilustração da técnica de imobilização gessada.

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

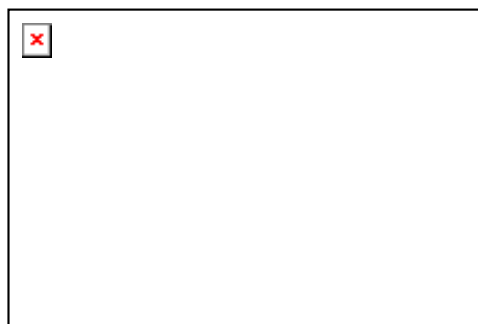


Figura 2: Ilustração do ensaio mecânico de flexão em três pontos no osso da tíbia das ratas.

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 ± 5.54 N) com os GI (34.44 ± 9.38 N) e GIL (49.35 ± 5.27 N). Não houve diferença entre o GC e o GIEENM (52.85 ± 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).

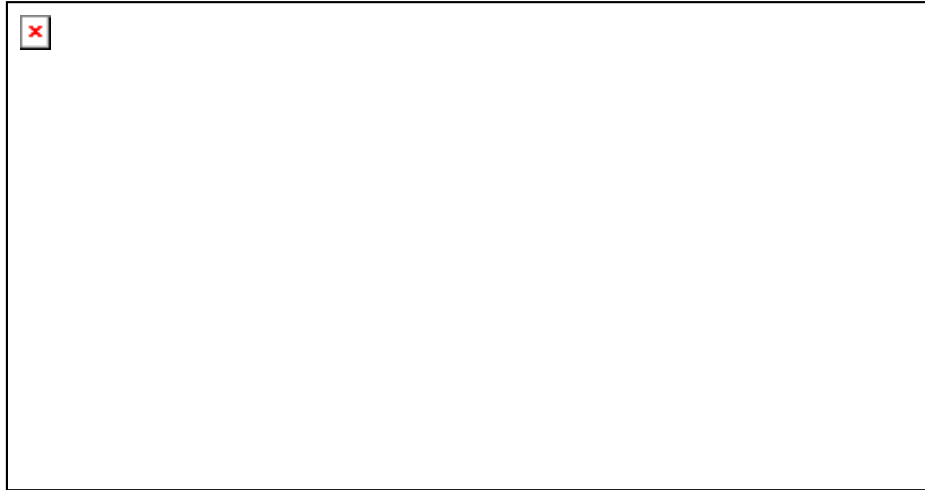


Figura 4: Comparação da Deflexão no Limite Máximo entre os grupos estudados. * $p < 0,01$.

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 ± 9.38 N) e no GIL (49.35 ± 5.27 N) quando comparado com os valores obtidos no GC (58.90 ± 5.54 N), com $p < 0,01$ e quando comparado com o GIEENM (52.85 ± 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.