



*The Use of Microcurrent on The Osteogenesis After Fracture*

## **Efeito da Aplicação de Microcorrente na Osteogênese Após Fratura**

### **INTRODUÇÃO**

O reparo tecidual não é um simples processo linear no qual fatores de crescimento iniciam a proliferação celular, mas sim uma integração de eventos dinâmicos relacionados à regulação do reparo e mecanismos de interação célula-célula e célula matriz. O osso exibe um inigualável potencial de regeneração, e durante o seu desenvolvimento tem a propriedade de crescer numa forma determinada que posteriormente pode ser modificada pelas forças de tensão e compressão aplicadas sobre ele. O tecido ósseo também é capaz de responder a demandas metabólicas. A deformação mecânica na matriz óssea é transmitida para as células ósseas, o que possibilita alterações na regulação da proliferação celular, diferenciação, morfogênese e expressão genética (DUNCAN & TURNER, 1995). Essa deformação diminui a reabsorção e aumenta a formação de osso na região submetida à carga (GROSS et al., 1997). PEAD & LANYON (1989), observaram um aumento de osteoblastos na região do periósteo quando submetem o osso à carga externa. O estímulo mecânico é importante para desencadear uma resposta óssea local havendo uma relação entre a intensidade da deformação aplicada e ativação dos osteoblastos. Quanto maior a deformação, mais intensamente ocorrerá o crescimento e remodelamento do tecido ósseo. Modelamento e remodelamento ósseo são incitados por microlesões, estímulos mecânicos, ultra-som pulsado de baixa intensidade, laser e estimulação elétrica, fatores que mostraram efeitos positivos na promoção da osteogênese (CARVALHO et al., 2002).

A deformação de materiais orgânicos como osso, dentina ou pele pode desenvolver potenciais elétricos "in situ" que cessam na ausência da deformação. Essa propriedade desenvolveu o conceito da piezoelectricidade, isto é, pequenas correntes elétricas são produzidas no osso quando se aplicam forças mecânicas sobre o mesmo influenciando a biossíntese dos osteoblastos. O histórico da piezoelectricidade envolve trabalhos de BASSETT et al. (1964) e BASSETT (1982) que desenvolveram o conceito de que pequenas correntes são produzidas no osso mediante um estresse mecânico. DE ANGELIS (1970) sugeriu que os elementos responsáveis pela coordenação das modificações ósseas se devem à propriedade piezoeletrica das fibras colágenas. Tal mecanismo funciona como um gatilho que inicia um efeito piezoeletrico no tecido ósseo. Segundo esse autor, alterações do ambiente elétrico devem regular a diferenciação das células osteoprogenitoras sobre as superfícies estimuladas. Ainda, com base nesta hipótese, acrescenta que as fibras periodontais quando estiradas iniciam um efeito piezoeletrico no segmento ósseo onde estão inseridas. A teoria da Bioeletricidade coloca o movimento dentário como um fator importante no metabolismo ósseo e relaciona mudanças ocorridas neste metabolismo com sinais elétricos produzidos no osso alveolar.

- Fernanada A. S. Mendonça

- Gláucia M. T. Dos Santos

Professoras Doutoradas Convidadas do Programa de Pós-Graduação e do Curso de Odontologia do Centro Universitário Hermínio Ometto-UNIARARAS/SP.

- Marcelo Augusto M. Esquisatto

Professor Doutor Programa de Pós-Graduação do Centro Universitário Hermínio Ometto-UNIARARAS/SP.

- Armino Antonio Alves

- Luiz Egydio T. L. Passos

Professores do Curso de Odontologia do Centro Universitário Hermínio Ometto-UNIARARAS/SP.

- Josué Sampaio Mendonça

Aluno de graduação da Faculdade de Odontologia do Centro Universitário Hermínio Ometto-UNIARARAS/SP (monitor na disciplina de Cirurgia e Traumatologia).

**Os AA comparam a  
ação de diferentes  
intensidades de  
microcorrentes na  
velocidade do  
crescimento ósseo.**

**CONTATO C/AUTOR:**

fernandamendonca@uniararas.br

**DATA DE RECEBIMENTO:**

maio/2005

**DATA DE APROVAÇÃO:**

julho/2005



Fig. 1 - Aparelho de microcorrente utilizado para acelerar recuperação óssea.

Os relatos de FUKADA & YASUDA (1957) foram importantes para a elucidação desses mecanismos e propõem que a estimulação elétrica fraca, aplicada de forma exógena pode agir como estímulo para o osso. WOLCOTT et al. (1969) e CHENG (1982), também contribuíram através de seus estudos onde observaram os efeitos de correntes elétricas de diferentes intensidades no processo de reparo tecidual e obtiveram excelentes resultados no que diz respeito ao tempo de cicatrização, efeito bacteriostático em feridas infectadas. STANISH (1984) utilizou microcorrentes de 10-20 microampéres para recuperar lesões em ligamentos de tendões de atletas. Observou que este tratamento acelerou o reparo nestes tecidos diminuindo o período de recuperação de 18 para 6 meses. IJIRI et al (1995) demonstraram que a estimulação elétrica promove o aumento da permeabilidade vascular local na medula óssea e que essas mudanças estão relacionadas com a ossificação. PROFFIT (1995) sugere que tanto a bioeletricidade como o fluxo sanguíneo são elementos que atuam no controle do movimento dentário ortodôntico. FRIEDENBERG et al. (1974) estudaram a osteogênese em coelhos usando diferentes intensidades de corrente elétrica e observaram que numa intensidade de 5 a 10 microampéres, o crescimento ósseo aumentou em 5%. Animais que foram estimulados com 20 microampéres mostraram 20% de crescimento ósseo e com 30 microampéres somente 14%.

No presente trabalho utilizamos análise radiológica para comparar a ação de diferentes intensidades de microcorrente sobre a velocidade de osteogênese em fraturas experimentais induzidas cirurgicamente na tíbia de ratos Wistar. Os procedimentos deste trabalho foram previamente submetidos e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UNIARARAS (CEP 006/2001).

## MATERIAL E MÉTODOS

### Animais

Foram utilizados vinte ratos machos da linhagem Wistar (*Rathus norvegicus*), com 120 dias de idade e peso corpóreo médio de 300g, divididos aleatoriamente em 4 grupos de cinco animais, sendo um grupo controle e três submetidos aos diferentes tratamentos descritos na Tabela 1.

Os animais foram alojados em gaiolas, em local seco,

Grupos	Tratamento
1	Controle (sem aplicação de microcorrente)
2	2 $\mu$ A por 3 minutos
3	2 $\mu$ A por 5 minutos
4	5 $\mu$ A por 3 minutos

Tabela 1 - Descrição dos grupos experimentais contendo cinco ratos machos Wistar

arejado e higienizado diariamente. Receberam água e alimento *ad libitum*.

### Procedimento Cirúrgico

A tricotomia foi realizada 48 horas antes da intervenção cirúrgica. Após a assepsia do local com Diglucoanato de Clorexidina a 0,4%, os animais foram submetidos à anestesia com hypnol (40 mg/kg de peso corpóreo). Em seguida foi realizada uma incisão longitudinal na perna esquerda para exposição óssea (tíbia) com lâmina de bisturi número 15 e cabo número 3. A fratura do osso foi realizada cirurgicamente com motor de baixa rotação com disco de aço carbono (Carborundum) e constante irrigação local com soro fisiológico. Posteriormente, foi realizada a sutura dos tecidos moles com fio de nylon 4.0 e a redução da fratura com tala fixada com esparadrapo. Na região da incisão deixou-se uma abertura para a aplicação do tratamento com microcorrente.

### Tratamento

Após a intervenção cirúrgica descrita acima, os animais dos grupos 2, 3 e 4 receberam tratamento diário com aplicação de microcorrente, utilizando-se um estimulador elétrico transcutâneo específico (fig. 1), nas intensidades e pelos tempos descritos na Tabela I. O grupo controle sofreu a mesma intervenção cirúrgica mas não recebeu a aplicação de microcorrente. Um animal de cada grupo foi radiografado a cada 7 dias.

O gráfico 1 representa a variação percentual do reparo da fratura observado nas radiografias. O gráfico 2 representa os coeficientes angulares das curvas de velocidade apresentados no gráfico 1.

## RESULTADOS

A Figura 2 mostra as radiografias obtidas nos animais após 28 dias de tratamento. Pode-se verificar que o animal tratado com 5  $\mu$ A por 3 min (grupo 4) não apresenta mais o sinal da fratura ao passo que as outras radiografias ainda mostram níveis de recuperação abaixo de 60 %.

O gráfico 1 mostra as curvas de recuperação dos animais ao longo dos 28 dias. Estes dados mostram que todos os animais tratados com microcorrente tiveram aceleração da recuperação óssea, quando comparados ao grupo controle, não tratado, porém os animais do grupo 4 aumentaram a velocidade cerca de 4,5 vezes (gráfico 2), chegando ao último dia de tratamento sem sinal de fratura (Fig. 2-D).

## DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

A eletroterapia tem sido eficaz junto à reparação óssea e aceleração no processo de cicatrização de fraturas recentes, união óssea retardada, osteoporose, bem como a incorporação

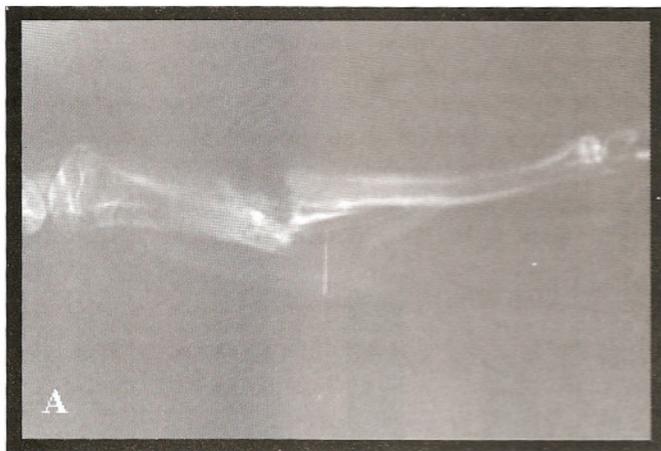


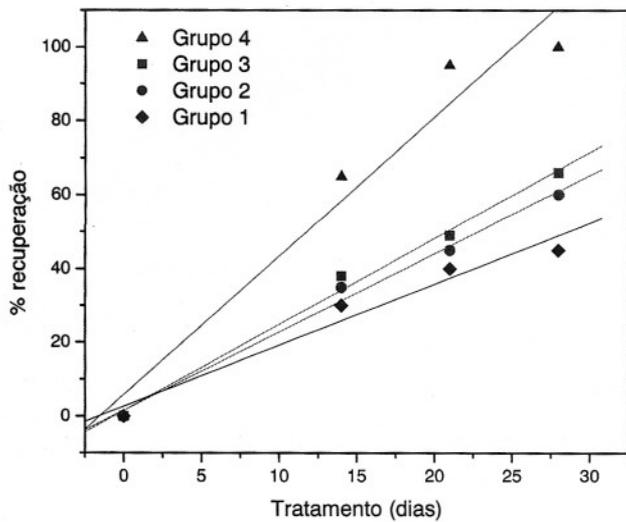
Fig. 2 - Radiografias mostrando as tíbias dos ratos após 28 dias de treinamento com microcorrente. a) Grupo 1, b) Grupo 2, c) Grupo 3 e d) Grupo 4. Notar que o animal tratado com 5  $\mu$ A por 3 min. (fig D), não apresenta mais o sinal de fratura.

de enxertos ósseos (SOUZA *et al*, 2001). O uso de microcorrente se tornou um procedimento muito utilizado entre os profissionais que trabalham com a restauração óssea (BRIGTON *et al*, 1995; FRIEDENBERG, 1981 *apud* WING, 1989) principalmente por se tratar de uma forma de tratamento não invasiva (SIFF, 1990). MORGAREIDGE & CHIPMAN (1990) comprovaram que a aplicação de microcorrente é notavelmente eficaz para apressar o reparo tecidual em feridas. Numerosos estudos clínicos confirmam a eficácia da microcorrente em acelerar o processo de reparo em fraturas ósseas e em implantes que ainda não sofreram osteo integração (DE ANGELIS, V., 1970; BRIGTON *et al*, 1981, 1995).

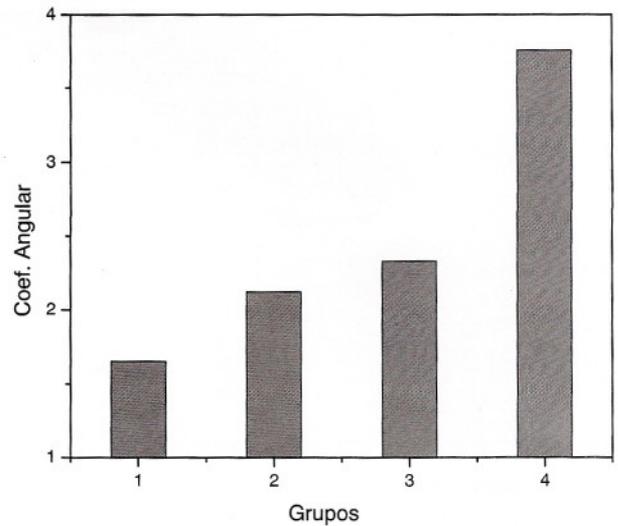
Os resultados obtidos no presente trabalho mostraram que os animais do grupo 2 (2  $\mu$ A/3 min) e 3 (2  $\mu$ A/5 min) submetidos a eletroestimulação diária apresentaram pequena alteração na velocidade de reparo quando comparados ao grupo controle (Fig. 2-A). Já os animais do grupo 4 (5  $\mu$ A/3 min) tiveram um grande aumento na velocidade de reparo (GRÁFICOS 1e 2). Isto confirma os achados de outros autores (FRIEDENBERG *et al.*, 1971; MASUREIK & ERIKSON, 1977; BASSET, 1982) que também observaram que correntes variando de 5 a 50  $\mu$ A promovem aceleração no crescimento do osso e que correntes acima de 50  $\mu$ A podem produzir necrose e destruição abrupta do tecido. Além disso, STANISH (1984) observou que a aplicação de microcorrente de 10 a 20  $\mu$ A foi eficiente no reparo de tendões lesados. CHENG *et al.* (1982) estudaram os efeitos da eletroterapia em pele de ratos e

compararam correntes elétricas de diferentes intensidades. Observaram que a aplicação de 500  $\mu$ A aumentou a concentração de ATP intracelular em 500 % e a síntese de aminoácidos e proteínas em 30 a 40%. Quando a intensidade da eletroestimulação foi aumentada para miliampère a concentração de ATP foi esgotada e a síntese de aminoácidos e proteínas inibida, indicando que correntes mais elevadas inibem o reparo enquanto que as mais baixas o estimulam.

Ainda em relação aos resultados obtidos para o Grupo 4, estes corroboram com os obtidos por FRIEDENBERG *et al.* (1974) que estudando a osteogênese em coelhos, compararam diferentes intensidades de corrente elétrica e mostraram que o crescimento ósseo foi significativo com eletroestimulação a partir de 5  $\mu$ A. ZOURLU *et al.* (1998) compararam a eficácia do uso do ultra-som e da eletroestimulação na osteogênese após fraturas na fíbula de ratos e mostraram que as duas técnicas são eficazes em promover a velocidade de osteogênese, com destaque para a eletroestimulação com intensidade de 10  $\mu$ A significativa já no sétimo dia de tratamento. RYABY *et al.* (1992) e ISHIDOU *et al.* (1994) mostraram que a utilização de corrente elétrica estimulou a síntese do fator  $\alpha$  (transformador do crescimento: TGF-  $\alpha$ ) que é importante para a formação do osso e cartilagem como também para a proliferação de osteoblastos, sua diferenciação e síntese na matriz óssea. CARDOSO *et al.* (1995) observaram a eficácia da aplicação de microcorrente com intensidade de 20  $\mu$ A em 29 pacientes com diferentes lesões ósseas e em todos os casos comprovaram o papel coadjuvante



**Gráfico 1 - Variação do percentual de recuperação óssea nas tíbias dos ratos durante os 28 dias de tratamento com microcorrente.**



**Gráfico 2 - Variação no coeficiente angular das retas de recuperação óssea das tíbias dos ratos durante os 28 dias de tratamento com microcorrente.**

da eletroestimulação que acelerou o processo de reparo ósseo. Da mesma forma MASUREIK & ERIKSON (1977) verificaram os efeitos da aplicação de microcorrente (10 a 20  $\mu$ A) na restauração de mandíbulas fraturadas (foramem mental anterior) e observaram aceleração do processo de restauração óssea.

Os resultados obtidos no presente trabalho reforçam os encontrados na literatura indicando que o uso da eletroestimulação de baixa intensidade, ou seja, a partir de 5  $\mu$ A, é eficaz no aumento da velocidade do reparo ósseo. Assim, o uso da eletroterapia com microcorrente apresenta-se como um método acessório de indução de reparo tecidual, sendo não invasivo, inócuo, de baixo custo e sem fatores de risco.

## RESUMO

A produção de potenciais elétricos em tecidos biológicos como osso, dentina e outros, é obtida aplicando-se forças mecânicas sobre os mesmos. Este fenômeno conhecido como piezoelectricidade, desempenha papel importante na bioestimulação do processo de reparo de diferentes tecidos, isto porque correntes elétricas afetam a atividade celular e, assim, induzem o crescimento do osso e a osteogênese. No presente estudo investigou-se o efeito de diferentes intensidades de microcorrente no processo da osteogênese na tíbia de ratos da linhagem Wistar após fraturas cirúrgicas. Os animais foram divididos em quatro grupos de controle e submetidos a tratamento diário com microcorrente, com intensidade de 2  $\mu$ A/3min, 2  $\mu$ A/5min e 5  $\mu$ A/3min durante 28 dias. Os resultados mostraram que a estimulação diária com 5  $\mu$ A/3min foi efetiva no aumento da velocidade de reparo ósseo.

**Palavras-chave:** Osteogênese. Fratura experimental. Microcorrente.

## SUMMARY

Mechanical efforts on biological tissues like bone, dentine and others, arise an electrical potential (piezoelectricity). This event plays a main role in the repair stimulation, in different tissues, because of the increasing of cellular activity, bone grows

and osteogenesis. In our work, we studied the effects of the use of different intensities of the microcurrent, in the osteogenesis on the tibia of Wistar rats submitted to a surgical fracture. The animals were separated into four groups, one control e three submitted to a daily treatment using microcurrent. The current intensities were 2  $\mu$ A/3min, 2  $\mu$ A/5min or 5  $\mu$ A/3min for 28 days. Our results showed an increased bone repair speed when we used 5  $\mu$ A/3min.

**Key-Words:** Osteogenesis, Experimental fracture, Microcurrent.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) BASSETT, C.A.L. Pulsing electromagnetic fields: A new method to modify cell behavior in calcified and noncalcified tissues. *Calsif Tissue Int.*, 34:1-8. 1982.
- 2) BASSETT, C.A.L., PAWLUK, R.J., BECKER, R.O. Effects of electric currents on bone in vivo. *Nature* 204:652-654. 1964.
- 3) BRIGTON, C.T., BLACK, J., FRIEDENBERG, Z., ESTERHAI, J., DAY, L.J., CONNOLLY, J.F. A multicenter study of the treatment of non-union with constant direct current. *J. Bone & Joint Surg.* 63A:2-12. 1981.
- 4) BRIGTON, C.T., SHAMAN, P. HEPPENSTALL, R., ESTERHAI, J., POLLACK, S., FRIEDENBERG, Z.B. Tibial nonunion treated with direct current, capacitive coupling, or bone graft. *Clin Orthop.*, 321:223-234. 1995.
- 5) CARVALHO, D.C.L., ROSIM, G.C., GAMA, L.O.R., TAVARES, M.R., TRIOLI, R.A., SANTOS, I.R., CLIQUET JR, A. Non-pharmacological treatments in the stimulation of osteogenesis. *Ver. Saúde Pública*, 36(5):647-654. 2002.
- 6) CARDOSO, O.P., MESA, A.C., GUILLOT, J.D.Z., VALLE, R.V. Electroestimulación Del callo óseo. *Revta. Cubana Ortop. Traumatol.* 9(1-2). 1995.
- 7) CHENG, N., VAN HOFF, H., BOCKX, E. The effect of electric currents on ATP generation protein synthesis, and membrane transport in rat skin. *Clin Orthop.*, 171:264-672. 1982.
- 8) CHENG, N. The effect of electric currents on ATP Generation, Protein Synthesis, and Membrane transport in Rat Skin. *Clin.*

*Orthopedics & Rel Res.*, 171:264-272. 1982a.

9) CHENG, N. The effects of electric currents on ATP Generation, Protein Synthesis, and membrane transport in rat skin. *Orth surg.* 1982b.

10) DeANGELIS, V. Observation on the response of alveolar bone to orthodontic force. *Am. J. Orthod.*, 58:28. 1970.

11) DUNCAN, R.L., TURNER, C.H. Mechanotransduction and the functional response of bone to mechanical strain. *Calcif Tissue Int.*, 57:344-358. 1995

12) FRIEDENBERG, Z. B., ROBERTS, P.G., DIDIZIAN, N.H., BRIGHTON, C.T. Stimulation of fracture healing by direct current in the rabbit fibula. *J. Bone Joint Surg.*, 53A:1400-1408, 1971.

13) FRIEDENBERG, Z.B., ZEMSKY, L.M., POLLIS, R.P., BRIGHTON, C.T. The response of non-traumatized bone to direct current. *J. Bone Joint Surg.*, 56A:1023-1040, 1974.

14) FUKADA, E., YASUDA, I. On the piezoelectric effect of bone. *J. Hyssop Soc Japan*, 12:1158-1162. 1957.

15) GROSS, T.S., EDWARDS, J.L., MCLEOD, K.J., RUBIN, C.T. Strain gradients correlate with sites of periosteal bone formation. *J Bone Min Rees*, 12:1158-1162. 1997.

16) IJIRI, K., MATSUNAGA, S., FUKADA, T., SHIMIZU, T. Indomethacin inhibition of ossification induced by direct current stimulation. *J Orthop Res.*, 13:123-131. 1995.

17) ISHIDOU, Y., IJIRI, K., MATSUNAGA, S., SAKOU, T., MURATA, F. Transforming growth factor- $\beta$  in osteogenesis by direct current stimulation. In: *Proceedings of the 4<sup>th</sup> Conference of the International Society for Fracture Repair*, 1994; Kobe, Japan. 1994.

18) MASUREIK, C., ERIKSON, C. Preliminary clinical evaluation of the effect of small electrical currents on the healling of jaw fractures. *Clin Orthop & Rel Res.*, 124:84-91. 1977.

19) MORGAREIDGE, K.R., CHIPMAN, M.R. Microcurrent Therapy, *Physical Therapy Today*, Spring 50-53, 1990.

20) PEAD, M.J., LANYON, L.E. Indomethacin modulation of load-related stimulation of new bone formation in vivo. *Calcif Tissue Int.*, 45:34-40. 1989.

21) PROFFIT, W.R., FIELDS JR, H.W. *Ortodontia Contemporânea*. Ed. Guanabara-Koogan, Rio de Janeiro, cap. 1995.

22) RYABY, J.T., MATHEW, J., DUARTE-ALVES, P. Low intensity pulsed ultrasound affects adenylate cyclase and TGF- $\beta$  synthesis in osteoblastic cells. *Trans Orthop Res Soc.*, 17:590. 1992.

23) SIFF, M.C. Macrocurrent and microcurrent eletrostimulation in sport. Cap. 4. Supertraining. 2000.

24) SOUZA, T.D., DEL CARLO, R.J., VILORIA, M.I.V. Electrotherapy on the healing process in the articular surface of rabbits. *Ciência Rural*, v.31, n.5, p.819-824, 2001.

25) STANISH, W. Electrical Stimulation of Torn Ligaments Cuts Rehab Time by two-thirds. *Medical Word News*. Feb. 27, p. 67. 1984.

26) WING, T.W. Modern how voltage microcurrent stimulation a comprehensive overview. *Chiropractic Economics* July/august 37:265-271. 1989.

27) WOLCOTT, L.E., WHEELER, P., HARDWICKE, H., ROWLEY, B. Accelerated healing of skin ulcers by electrotherapy: Preliminary clinical results. *South Med J.*, 62:795. 1969.

28) ZORLU, U., TERCAN, M., OZYAZGAN, I., TASKAN, I., KARDAS, Y., BALKAR, F., OZFURK, F. Comparative study of the effect of ultrasound and electrostimulation on bone healing in rats. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* 77(5):427-432. 1998.