ISSN 0025-7680

ARTICULO ORIGINAL

MEDICINA (Buenos Aires) 1996; 56: 41-44

EFECTO DE CAMPOS MAGNETICOS SOBRE LA CICATRIZACION DE LA PIEL

ESTUDIO EXPERIMENTAL

OSVALDO PATIÑO[1], DANIEL GRANA[2], ALBERTO BOLGIANI[1], GUSTAVO PREZZAVENTO[1], ALICIA MERLO[3]

[1] Cátedra de Patología y Tratamiento, Carrera de Cirugía Plástica y Reconstructiva, Facultad de Medicina, Universidad del Salvador; Fundación del Quemado Dr. Fortunato Benaim; [2] Cátedras de Bioquímica e Inmunología y Area de Investigación, Facultad de Medicina, Universidad del Salvador; [3] Cátedra de Metodología de la Investigación, Escuela de Disciplinas Paramédicas, Facultad de Medicina, Universidad del Salvador, Buenos Aires.

Resumen El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de los campos electromagnéticos sobre la cicatrización de heridas experimentales en ratas. A 36 ratas Wistar macho se les efectuó una excisión rectangular (4,2 cm x 2,3 cm) de piel dorsal hasta la fascia. Los animales se dividieron en tres grupos: grupo C, sin tratamiento; grupo C50, tratado con campos electromagnéticos continuos de 5 miliTeslas (50 Gauss) y grupo P200, tratado con campos electromagnéticos pulsantes de 20 mT (200 G). Los tratamientos fueron de 30 minutos diarios durante 21 días seguidos. Los ejes máximos longitudinal (EML) y transversal (EMT) de las heridas se registraron semanalmente y los datos obtenidos se evaluaron mediante análisis de varianza. El día 14 post-lesión el grupo P200 presentó un EML significativamente menor ($p<0,01$) que el grupo C. El día 21 post-lesión ambos grupos tratados (P200 y C50) mostraron un EML significativamente menor ($p<0,01$) que el C; a su vez el EML del grupo P200 fue significativamente menor ($p<0,05$) que el correspondiente al grupo C50. En el resto de los parámetros no se encontraron diferencias significativas. Los resultados demuestran un efecto facilitador de los campos electromagnéticos en la reparación de heridas experimentales en ratas. Asimismo, el campo pulsante parece tener un efecto cicatrizante precoz y mayor que el campo continuo.

La consecuencia inmediata de una herida en la piel, es la muerte celular, la hemorragia y la puesta en marcha del mecanismo de la coagulación. Se suceden fenómenos vasoactivos, químicos, enzimáticos, hísticos, neurológicos y celulares que evolucionan conjuntamente. Estos fenómenos desencadenan cambios en los potenciales eléctricos endógenos que se hacen más acentuados en la periferia de la herida y que jugarían un papel importante en la reparación de la lesión[1]. Dentro de esta reparación, la contracción de la herida, mediada por los miofibroblastos descritos por Gabbiani y col.[2] puede ser influenciada por la aplicación de campos eléctricos[3] y magnéticos[4].

Desde los estudios de Fukada y Yasuda en 1957[5] sobre las características eléctricas de los tejidos, particularmente las propiedades piezoeléctricas del hueso, se comenzó a vislumbrar una nueva posibilidad terapéutica para tejidos lesionados basada en la aplicación de corrientes eléctricas.

En 1982 Sharrad y col.[6] comunicaron aceleración del cierre de lesiones cutáneas en pacientes tratados con campos electromagnéticos utilizados para facilitar la consolidación de fracturas. Distintos trabajos experimentales han obtenido resultados contradictorios en el tratamiento de heridas de piel en ratas con magnetoterapia. Así, mientras Ottani y col. [7] comunicaron un efecto facilitador de la cicatrización, Glassman y col.[8]

Recibido: 15-II-1995 Aceptado: 20-IX-1995

Dirección postal: Dr. Daniel Rodolfo Grana, Facultad de Medicina, Universidad del Salvador, Tucumán 1845, 1050 Buenos Aires, Argentina

observaron ausencia de efecto. La razón de esta discrepancia podría deberse a las diferentes condiciones experimentales en que se desarrollaron ambos estudios.

El objetivo del presente trabajo fue el estudio del efecto de campos electromagnéticos sobre la cicatrización de heridas experimentales de la piel en ratas de acuerdo a un diseño experimental en el que se utilizaron valores de intensidad y frecuencia de campos superiores a los indicados por los citados autores.

Material y métodos

Se utilizaron 36 ratas Wistar machos de entre 231-317 g de peso corporal provenientes del bioterio de la Facultad de Medicina de la Universidad del Salvador, mantenidas y tratadas de acuerdo a las recomendaciones internacionales[9]. Los animales fueron alojados en jaulas individuales de polipropileno con disponibilidad *ad libitum* de agua y alimento balanceado (Cargill, Bs. As.). Las ratas fueron pesadas el día en que se practicó la lesión y a los 7, 14 y 21 días post-lesión.

A todos los animales, previa anestesia con clorhidrato de ketamina (30 mg/kg IM), se les rasuró la superficie dorsal donde se delimitó en la línea media un rectángulo de piel (con un cartabón de 4,2 cm en sentido longitudinal por 2,3 cm en sentido transversal en relación a la columna vertebral) el que fue excindido hasta la fascia con un bisturí.

Las ratas se distribuyeron al azar en tres grupos de doce animales cada uno: grupo control (C), grupo tratado con campos electromagnéticos continuos de 5 miliTeslas (mT) (50 Gauss) y 50 Hz (C50) y un grupo tratado con campos electromagnéticos pulsantes de 20 mT (200 Gauss) y 50 Hz (P200). A partir del día siguiente de la excisión y durante 21 días seguidos todos los animales fueron colocados en la bobina cilíndrica (de 50 cm de largo y 23 cm de diámetro) del generador de campos magnéticos durante 30 minutos diarios. Durante la permanencia en la bobina las ratas del grupo C50 recibieron una emisión electromagnética continua de 5 mT y las del grupo P200 una emisión electromagnética pulsante de 20 mT y 50Hz. El grupo C no fue sometido a campos electromagnéticos.

Los días 7, 14 y 21 post-lesión se registró la longitud de los máximos ejes longitudinal y transversal de la herida de cada uno de los animales con ayuda de un calibre. Con los correspondientes datos de cada grupo se determinó el promedio, desviación estándar y el error estándar y se estableció la significación de la diferencia entre los grupos mediante análisis de varianza.

Se registró el tipo y cantidad de secreción de la herida en cada animal.

Resultados

Los valores medios ± ES de cada grupo de los máximos ejes longitudinal y transversal de la herida expresados en milímetros, medidos en los días 7, 14 y 21 post-lesión se muestran en las figuras 1 y 2.

Con relación al máximo eje longitudinal se observó:

- En el día 7 post-lesión ausencia de diferencias significativas entre los grupos.
- En el día 14 post-lesión el grupo P200 presentaba dicho eje significativamente menor ($p<0,01$) que el grupo C.
- En el día 21 post-lesión los grupos sometidos a campos electromagnéticos presentaban dicho eje significativamente menor ($p<0,01$) que el correspondiente al grupo C. A su vez, el eje correspondiente al grupo P200 era significati-vamente menor ($p<0,05$) que el correspondiente al grupo C50.

Con relación al máximo eje transversal no se observaron diferencias significativas entre los grupos en los días 7, 14 y 21 post-lesión.

Los pesos corporales (media ± ES) de los animales de los distintos grupos registrados en el día en que se realizó la lesión y a los 7, 14 y 21 días post-lesión no mostraron diferencias significativas (Tabla 1). Los lechos de las heridas no mostraron secreción purulenta en ninguno de los grupos en el transcurso de la experiencia.

Discusión

La utilización de dos variables de tratamiento con campos electromagnéticos continuo de 5 mT y pulsante de 20 mT y 50Hz, con una exposición de 30 minutos diarios muestran un efecto facilitador de la cicatrización significativo de heridas experimentales en rata. El campo pulsante, ya sea por su intensidad y/o su frecuencia, presentó un efecto cicatrizante significativamente más precoz y mayor que el campo continuo (Figuras 1 y 2).

Inmediatamente antes del comienzo del estudio, el peso corporal de los animales se encontraba dentro del rango considerado normal para la cepa y la edad. A tiempo cero y durante el curso del tratamiento, los pesos de los tres grupos de ratas no mostraron diferencias significativas entre sí. Tampoco variaron significativamente

TABLA 1.— *Pesos en gramos de las ratas de los grupos control, C50 y P200 a lo largo de la experiencia (media ± ES)*

	Día 0	Día 7	Día 14	Día 21
Control	260,3 ± 6,98	264,5 ± 7,59	283,4 ± 6,89	287,8 ± 7,59
C50	258,1 ± 7,77	261,3 ± 7,34	267,4 ± 8,21	274,3 ± 7,53
P200	289,4 ± 9,12	263,4 ± 12,52	273,8 ± 12,46	278,0 ± 12,49

con relación a su valor inicial. La conservación del peso corporal en los 21 días del estudio es una condición necesaria para considerar adecuado el bienestar general de los animales[10]. Esta condición se cumple no sólo para el grupo control sino también para ambos grupos tratados con campos electromagnéticos.

Estudios experimentales en animales y pruebas clínicas en humanos han demostrado que la estimulación eléctrica de la piel acelera la curación de la herida aumentando las corrientes endógenas inducidas por la herida[1, 11, 12, 13]. Sin embargo, estos trabajos se refieren a la estimulación con corriente directa que tiene el inconveniente que los electrodos deben ser colocados en la herida o cercanos a ella. En nuestro caso las heridas quedaron libres de contacto con cualquier elemento.

A pesar de la abundante literatura de los efectos de los campos electromagnéticos sobre los sistemas biológicos, nuestro conocimiento sobre estos efectos a nivel molecular son extremadamente pobres[14].

Localmente la estimulación electromagnética puede influenciar al proceso reparador a distintos niveles, por ejemplo, se demostró que aumenta la proliferación de fibroblastos y la producción de colágeno[15, 16]. Estudios *in vitro* mostraron que la angiogénesis está aumentada ante la administración de ondas electromagnéticas[17]. Se observó en un modelo de herida de piel en rata *in vivo*, la temprana aparición de una malla vascular y la producción y maduración de colágeno[7]. También se demostró en ratas que los campos magnéticos aumentaban la sobrevida del colgajo de piel y la fuerza ténsil de la herida[4], ambos efectos pueden ser explicados por la invasión vascular y la producción de colágeno. Por lo dicho, se especuló que los efectos de las ondas electromagnéticas sobre la cicatrización de tejidos estarían mediados por un efecto primario sobre el crecimiento vascular[18].

El aumento de fibroblastos y la capacidad contráctil de los mismos[2], junto con un aumento en el aporte vascular explicaría el aumento de la contracción de la herida.

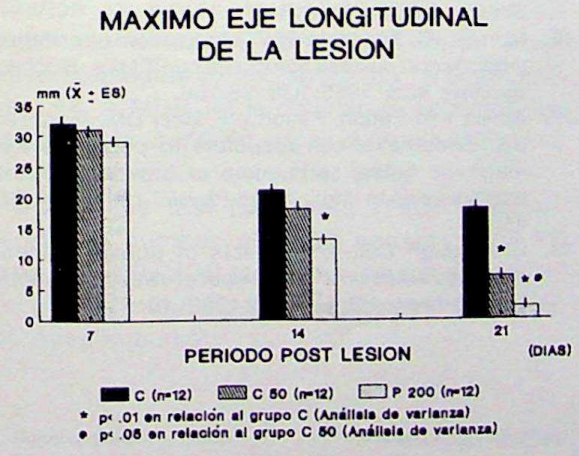

Figura 1.

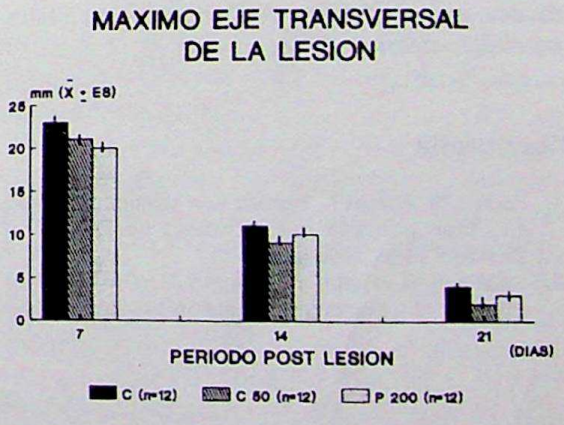

Figura 2.

Son necesarios más trabajos experimentales con evaluación anatomo-patológica para confirmar estas hipótesis.

Summary

Effect of electromagnetic fields on skin wound healing. An experimental study

Although there are many publications on the usefulness of magneto-therapy, discrepancies exist about the utility of electromagnetic fields in skin wound healing. The objective of this work was to study the effect of electromagnetic fields on wound healing in rats. Thirty six male Wistar rats were used; a rectangular lesion was made in the back of each animal (4.2 cm x 2.3 cm). They were divided into 3 groups: group C (control) with sham treatment; group C50, treated with continuous electromagnetic fields of 5 mT (50 Gauss) and group P200, treated with pulsed electromagnetic fields of 20 mT (200 G). The treatments were of 30 minutes a day during 21 days.

The corporal weights (Table 1) and the wound longitudinal and transversal maximal axis (Figures 1, 2) were weekly recorded and the data was evaluated by analysis of variance. On day 14, the P200 group showed the maximal longitudinal axis which was smaller than that of group C ($p<0.01$). On day 21 in both treated groups the maximal longitudinal axis was smaller than that of group C ($p<0.01$); besides the axis was smaller in the P200 group than in the C50 group ($p<0.05$). No statistical differences were observed in the remaining data.

The results showed a facilitating effect of electromagnetic fields on wound healing in rats. Pulsed electromagnetic fields seem to have a precocious and larger healing effect than continuous electromagnetic fields.

Bibliografía

1. Foulds IS, Barker A. Human skin battery potentials and their possible role in wound healing. *Br J Dermatol* 1983; 109: 515-22.
2. Gabbiani G, Ryan GB, Majno G. Presence of modified fibroblasts in granulation tissue and their possible role in wound contraction. *Experientia* 1971; 27: 549.
3. Dunn MG, Doillon CJ, Berg RA, Olson RM, Silver FH. Wound healing using a collagen matrix: effect of DC electrical stimulation. *J Biomed Mater Res* 1988; 22: 191-206.
4. Ieran M, Zaffuto S, Bagnacani M, Annovi M, Moratti A, Cardosi R. Effect of low frequency pulsing electromagnetic fields on skin ulcers of venous origin in humans. A double blind study. *J Orthopaedic Res* 1990; 8: 276-82.
5. Fukada E, Yasuda I. On the piezoelectric effect in bone. *J Physiol Soc Japan* 1957; 12: 1158.
6. Sharrard WJW, Suttcliffe ML, Robson MT. The treatment of fibrous nonunion of fractures by using electromagnetic stimulation. *J Bone Joint Surg* 1982; 64: 189.
7. Ottani V, De Pasquale V, Govoni P, Franchi M, Zaniol P, Ruggeri A. Effects of pulsed extremely low frequency magnetic fields on skin wounds in the rat. *Bioelectromagnetics* 1988; 9: 53-62.
8. Glassman LS, McGrath MH, Basset CAL. Effect of external pulsing electromagnetic fields on the healing of soft tissue. *Ann Plast Surg* 1986; 16: 287-95.
9. Canadian Council of Animal Care. Guide to the handle and use of experimental animals. Vol. 2. Ottawa, Ont. CCAC, 1980-1984.
10. Knapka JJ. Diet selection and formulation. *In:* Laboratory Animal studies in the quest of health and knowledge. HA Rothschild et al (eds). Riberao Preto, ICLAS, CEMIB, FESB, 1987; 3-12.
11. Mulder G. Treatment of open skin wounds with electrical stimulation. *Arch Phys Med Rehabil* 1991; 72: 375-7.
12. Pollack SV, Atwater KH, Miller KH. Effect of pulsed electrical stimulation on dermal ulcer repair (abstract). Bioelectric Repair and Growth Society Proceedings, Washington, DC, 1988.
13. Reich JD, Tarjan PP. Electrical stimulation of skin: a review. *Int J Dermatol* 1990; 29: 395-400.
14. Hilleman B. Health effects of EMF remain unresolved. *C and E News*, 1993; 8: 15-29.
15. Liboff AR, Williams T, String DM, Wistar R. Time varying magnetic fields: effect on DNA synthesis. *Science*, 1984; 220: 818-20.
16. Murray JC, Farndale RW. Modulation of collagen production in cultured fibroblasts by PEMFs. *Biochem Byophys Acta* 1985; 838: 98-106.
17. Ameia Yen-Patton, Patton WF, Beer DM, Jacobson BS. Endothelial cell response to pulse electromagnetic fields: stimulation of growth rate and angiogenesis in vitro. *J Cell Physiol* 1988; 134: 37-46.
18. Greenough CG. The effects of pulsed electromagnetic fields on blood vessel growth in the rabbit ear chamber. *J Orthop Res* 1992; 10: 256-62.