

Evaluación, con una nueva escala de severidad, de la eficacia del tratamiento de las pseudoartrosis mediante campos electromagnéticos pulsátiles

Evaluation of the efficacy of treating pseudoarthrosis by pulsed electromagnetic fields with a new scale of fracture severity

López-Oliva Muñoz, F.¹
 Madroñero de la Cal, A.²
 García de las Heras, B.¹
 Martín Buenadicha, E.¹
 Forriol Campos, F.¹

¹Servicio de Traumatología del Centro de Prevención y Rehabilitación FREMAP. Majadahonda, Madrid.

² CENIM Centro Nacional de Investigación Metalúrgica. Madrid.

RESUMEN

Ciento cuarenta y seis fracturas con signos clínicos y radiológicos de falta de consolidación, tratadas mediante campos electromagnéticos pulsátiles han sido revisadas retrospectivamente. El objetivo de este estudio es conocer la influencia de la severidad de la fractura inicial y las características de la pseudoartrosis en la eficacia de este tratamiento. Para ello los autores han desarrollado una nueva escala cuantitativa que puntúa diferentes variables clínicas y radiológicas previas al tratamiento. El resultado del tratamiento, la consolidación de la pseudoartrosis fue considerado al final del mismo.

El éxito global del tratamiento con campos electromagnéticos pulsátiles fue del 71,2 %. El tiempo de evolución medio hasta el comienzo del tratamiento fue de 38,1 semanas. La severidad de la fractura inicial media según la escala fue de 11,64 puntos (5-15 puntos). Las características de la pseudoartrosis puntuaron de media 11,1 puntos (6-18 puntos).

Algunas características de la pseudoartrosis tienen influencia significativa en el resultado del tratamiento, mientras que la severidad inicial de las fracturas no ha influido en los resultados.

ABSTRACT

One hundred forty-six fractures with clinical and radiologic signs of nonunion, treated by pulsed electromagnetic fields were studied retrospectively. The objective of the study is to know the influence of initial fracture severity and nonunion features in the efficacy of this treatment. The evaluation was based on our quantitative scale to evaluate and to quantify the severity of the initial fracture and the features of delayed union and nonunions before the treatment. The results were studied at the end of treatment considering the clinical and radiologic patterns of fracture healing. The average time from the initial fracture to the beginning of treatment was 38.1 weeks. The mean severity score was 11.64 points (range, 5 - 15 points) and the average of nonunion features was 11.1 points (range, 6 - 18 points). We found that some nonunion characteristics have a significant influence on the result of treatment, while the initial fracture severity does not. According to our scale, patients with nonunion who had scores of 10 points or less were prone to achieve healing. The overall success of treatment was 71.2%. In

Correspondencia:

F. López-Oliva Muñoz,
 Centro de Prevención y Rehabilitación
 FREMAP Majadahonda
 Crta Pozuelo nº 61. 28240 Madrid.
 felipe_lopez@fremap.es

PATOLOGIA DEL APARATO LOCOMOTOR, 2006 · VOL.4 · Nº 3 · 179-186

López-Oliva Muñoz, F.,
Madroñero de la Cal, A.,
García de las Heras, B., et al.

Evaluación, con una nueva escala de severidad,
de la eficacia del tratamiento de las pseudoartrosis
mediante campos electromagnéticos pulsátiles



De acuerdo con nuestra escala los pacientes con pseudoartrosis que presentan puntuaciones inferiores a 10 puntos presentan un alto índice de curación con el tratamiento estudiado. Esto significa que en pacientes con pseudoartrosis estables e hipertróficas se debe considerar el tratamiento mediante campos electromagnéticos pulsátiles.

Palabras clave: Pseudoartrosis, campos electromagnéticos, consolidación ósea.



patients with stable and hypertrophic nonunions, pulsed electromagnetic fields must be one of the first treatment methods to consider.

Key Words: Non union, electromagnetic fields, bone healing

Patología del Aparato Locomotor, 2006; 4 (3): 179-186

INTRODUCCIÓN

Los campos electromagnéticos pulsátiles (CEMP) han sido investigados en los últimos 30 años como técnica potencialmente estimulante de la curación de las fracturas (1). El desarrollo de este método de tratamiento se ha basado en el descubrimiento, en los años 50, de las propiedades electromecánicas del tejido óseo. Desde entonces sucesivos estudios de investigación han demostrado la efectividad de los campos eléctricos y electromagnéticos en el estímulo de la reparación ósea (2-6).

El empleo clínico de los campos magnéticos en el tratamiento de las fracturas comenzó con Bassett (7) quien desarrolló la técnica que empleamos actualmente en múltiples aplicaciones como pseudoartrosis, necrosis óseas, artrodesis y otras patologías tanto óseas como en tejidos blandos musculoesqueléticos (8).

El mecanismo por el que los CEMP influyen en la reparación ósea no está aún establecido pero se ha demostrado una importante influencia en la proliferación celular y vascular (9-14).

Sin embargo, las indicaciones del tratamiento mediante CEMP en el tratamiento de las pseudoartrosis y retardos de consolidación no han sido aún perfectamente establecidas. Algunos autores (3,6) han demostrado la importancia de la severidad de la fractura inicial en el desarrollo de una pseudoartrosis.

Los autores presentan una nueva escala, empleada en nuestra institución FREMAP, que cuantifique dos patrones cualitativos que pueden ser influyentes en la curación de las fracturas. El primero es la severidad de la fractura inicial y el segundo las características que presenta la pseudoartrosis una vez establecida. Con la escala FREMAP se pretende

asignar una puntuación a una fractura dada que permita clasificarla e indicar el manejo terapéutico adecuado.

La evaluación de la eficacia del tratamiento mediante CEMP de las pseudoartrosis mediante esta nueva escala cuantitativa es el objetivo del presente estudio.

MATERIAL Y MÉTODO

Se han revisado de forma retrospectiva 201 fracturas en 201 pacientes con signos clínicos y radiológicos de retardo de consolidación y pseudoartrosis de diferentes huesos en los cuales se realizó tratamiento mediante CEMP.

Los criterios de inclusión para el estudio fueron:

- 1- Ausencia de unión demostrada clínicamente por movilidad anormal en la zona de la fractura.
 - 2- Persistencia de solución de continuidad ósea radiológica .
 - 3- 6 meses de evolución o más.
 - 4- Pacientes mayores de 18 años.
 - 5- Cumplimiento estricto del protocolo de tratamiento.
 - 6- Historia completa de la fractura inicial y evolución.
- Así, de los 201 pacientes revisados solo 146 cumplieron las condiciones del estudio. La mayor parte de los pacientes excluidos (43) lo fueron por no cumplir el protocolo de tratamiento.

Protocolo de tratamiento.

Todos los pacientes fueron tratados según un protocolo establecido en el Centro de Prevención y Rehabilitación FREMAP de Majadahonda (Madrid).

El tiempo medio de duración del tratamiento fue de 19,7 semanas (rango 12-24)

Los pacientes fueron tratados mediante una bobina

PATOLOGIA DEL APARATO LOCOMOTOR, 2006 · VOL.4 · Nº 3 · 179-186

López-Oliva Muñoz, F.,
Madroñero de la Cal, A.,
García de las Heras, B., et al.

Evaluación, con una nueva escala de severidad,
de la eficacia del tratamiento de las pseudoartrosis
mediante campos electromagnéticos pulsátiles

na externa que emitía los CEMPs. El objetivo de tratamiento fue de 8 a 10 horas diarias.

El aparato suministrador de los campos empleado ha sido desarrollado por Madroñero de acuerdo con sus estudios (15) sobre la influencia de los campos magnéticos en el metabolismo cálcico del hueso. El equipo, desarrollado y aprobado para uso clínico produce campos sobrepuestos en volumen hueco sobre la zona a tratar. Esto se consigue con varias bobinas independientes cada una de las cuales conduce una corriente con diferente frecuencia. Estas frecuencias son escogidas buscando un efecto fisiológico sinérgico según los diferentes aspectos del problema a tratar.

El aparato es fabricado por la empresa Magneto-healing (Madrid) y emite campos electromagnéticos continuos y alternantes. Habitualmente se emplean para las pseudoartrosis frecuencias medias aunque en ocasiones campos de baja frecuencia son útiles como coadyuvantes en pacientes con infección, inflamación o problemas vasculares. Estos campos de baja frecuencia se aplican antes del protocolo habitual.

TABLA I. Frecuencias aplicadas según el tipo de hueso

Hueso	Esponjoso		Cortical	
	f_s	F_s	f_c	F_c
Frecuencia	f_s	F_s	f_c	F_c
kHz	10.5	45	14	24

f_s = Estimulación de la conversión de fibroblastos en osteoblastos;
 F_s = Estimulación de la proliferación osteocitaria;
 f_c = Estimulación de la estabilización de osteoblastos;
 F_c = Estimulación de la estabilización de osteocitos.

TABLA II. Protocolo de tratamiento

Semana	Fase	Hueso cortical		Hueso esponjoso	
1	Inicial	f_c		f_s	
2 to 8	Activación	sf	f_c	sf	f_s
9 to 16	Calcificación	sf	f_c F_c	sf	f_s F_s
17 to 24	Estabilización	sf	F_c	sf	F_s

f_s = Estimulación de la conversión de fibroblastos en osteoblastos;
 F_s = Estimulación de la proliferación osteocitaria;
 f_c = Estimulación de la estabilización de osteoblastos.;
 F_c = Estimulación de la estabilización de osteocitos;
SF = " steady field " producida por una bobina con corriente directa.

En las tablas I y II se describe el protocolo de tratamiento empleado en este estudio.

Escala FREMAP de valoración de fracturas y pseudoartrosis

Algunos autores (3,6) han demostrado la importancia de la severidad de la fractura en el desarrollo de las pseudoartrosis y basándonos en la evaluación clínica de Sarrard y col (6) hemos desarrollado una escala para evaluar y cuantificar la gravedad inicial de las fracturas. Esta evaluación tiene en cuenta diferentes criterios clínicos y radiológicos como: desplazamiento inicial, conminución, solución de continuidad en la piel, situación de los tejidos blandos y estabilidad ósea. La escala asigna una puntuación entre 1 y 3 para cada criterio. (Tabla III)

La evaluación de la pseudoartrosis se ha realizado de una forma similar. La escala valora las siguientes características : movilidad en el foco, dolor , inflamación , presencia de infección y tipo radiológico. Asimismo se puntúa de 1 a 3 cada característica. (Tabla IV)

Se han registrado los resultados obtenidos al final del tratamiento mediante CEMP. Se consideraron todos los signos clínicos y radiológicos de consolidación pero los resultados se resumieron en dos categorías: consolidado y no consolidado, éxito o fracaso del tratamiento. Se definió la consolidación de la fractura como ausencia de movilidad, dolor o inflamación desde el punto de vista clínico y desde el radiológico, presencia de callo óseo sólido y evidente y desaparición de la línea de fractura (6).

La mejora en el aspecto radiológico del callo pero sin consolidación completa no se consideró éxito del tratamiento.

El estudio estadístico fue realizado por un experto en bioestadística utilizando el SPSS (Chicago, IL).

RESULTADOS

Características de la población estudiada.

Ciento cuarenta y seis pacientes fueron incluidos en el estudio. La edad media fue de 37,3 años (rango, 18 - 64 años). Se revisaron 111 hombres y 35 mujeres. 58 pacientes eran fumadores (39,7%).

Cuarenta y ocho pseudoartrosis (32,8%) se localizaban en la extremidad superior y sesenta y ocho (67,1%) en la inferior.

Los huesos con mayor incidencia fueron: tibia

PATOLOGIA DEL APARATO LOCOMOTOR, 2006 · VOL.4 · Nº 3 · 179-186

López-Oliva Muñoz, F.,
Madroñero de la Cal, A.,
García de las Heras, B., et al.

Evaluación, con una nueva escala de severidad,
de la eficacia del tratamiento de las pseudoartrosis
mediante campos electromagnéticos pulsátiles

TABLA III. Escala FREMAP para la cuantificación de la severidad de la fractura inicial.

Puntuación	1	2	3
Fractura	Epifisaria	Metafisaria	Diafisaria
Desplazamiento	75%-100% contacto	25%-75% contacto	<25% contacto
Comminución	No	3 fragmentos	>3 frag.
Situación piel	Cerrada	Abierta grado I y II	Abierta grado III
Lesión de partes blandas	No	Contusión (hematoma)	Extensiva (desvitalizada)

TABLA IV. Escala FREMAP para la cuantificación de las características de las Pseudoartrosis

Puntuación	1	2	3
Movilidad	No	Moderada	Importante
Dolor (EVA)	0	1-5	5-10
Inflamación	No	Moderada	Severa
Infección	No	Drenaje ocasional	Drenaje continuo
Tipo	Hipertrofica	Oligotrofica	Atrofica
Estabilidad	Fijación estable	Presencia de osteolisis	Inestable o fracaso de material

(47 casos 32,1%), fémur (33 casos, 22,6%), radio (12 casos, 8,2%), humero (10 casos, 6,8%), escapoides (8 casos, 5,4%). El resto de pacientes presentaron pseudoartrosis en otras localizaciones menos frecuentes.

El tiempo medio entre el traumatismo que originó la fractura y el comienzo del tratamiento con CEMP

fue de 38,1 semanas (rango, 24 -140 semanas).

Previo al tratamiento la mayoría de los pacientes había sido sometidos a la estabilización quirúrgica de la fractura (122 pacientes, 83.5%). 102 pacientes fueron intervenidos una vez, 12 pacientes dos veces, 7 pacientes tres veces y un paciente sufrió cinco cirugías. En 24 casos el tratamiento fue ortopédico mediante inmovilización con escayola.

Medida de la severidad de la fractura inicial.

La Tabla V muestra la severidad de la fractura inicial de acuerdo con la escala FREMAP

La puntuación media fue de 11,64 puntos (rango, 5 - 15 puntos)

Buscando correlaciones estadísticas entre severidad y resultado del tratamiento no se han encontrado diferencias significativas relativas entre los diferentes grupos y la consolidación ósea. Esto confirma que la severidad de la fractura no influye en el resultado del tratamiento mediante CEMP cuando se desarrolla una pseudoartrosis.

Características de la pseudoartrosis.

Las características de la falta de unión ósea según la escala FREMAP están recogidas en la Tabla VI.

La puntuación media fue de 11,1 puntos (rango 6 - 18 puntos).

Buscando correlación de estas variables con el resultado resulta que dolor, inflamación e infección no presentan diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos de puntuación con respecto a la consolidación. Sin embargo, movilidad anormal, tipo de pseudoartrosis y estabilidad si influyen decisivamente en el resultado del tratamiento. Esto significa que la falta de estabilidad y la respuesta biológica del hueso son los factores decisivos.

TABLA V. Resultados: Severidad de la fractura inicial

Puntuación	1	2	3	Media	Unión
Fractura	15 10.2%	53 36.3%	78 53.4%	2.43	p = 0.231
Desplazamiento	21 14.3%	26 17.8%	99 67.8%	2.53	P = 0.879
Comminución	18 12.3%	40 27.3%	88 60.2%	2.47	P = 0.099
Situación piel	57 39.0%	48 32.8%	41 28.0%	1.89	P = 0.147
Lesión de partes blandas	22 15.0%	54 36.9%	70 47.9%	2.32	P = 0.073

Porcentajes referidos al número total de pacientes del estudio.

PATOLOGIA DEL APARATO LOCOMOTOR, 2006 · VOL.4 · Nº 3 · 179-186

López-Oliva Muñoz, F.,
 Madroñero de la Cal, A.,
 García de las Heras, B., et al. | Evaluación, con una nueva escala de severidad,
 de la eficacia del tratamiento de las pseudoartrosis
 mediante campos electromagnéticos pulsátiles

TABLA VI. Results: Features of the delayed union

Puntuación	1	2	3	Media	Unión
Mobilidad	99 67.8%	25 17.8%	22 15.0%	1.81	p = 0.027
Dolor (EVA)	38 26.0%	78 53.4%	30 20.5%	1.94	P = 0.079
Inflamación	45 30.8%	76 52.0%	25 17.8%	1.86	p = 0.417
Infección	93 63.6%	45 30.8%	8 5.4%	1.41	P = 0.082
Tipe	41 28.0%	56 38.3%	49 33.5%	2.05	p = 0.014
Estabilidad	40 27.3%	61 41.7%	45 30.8%	2.03	P = 0.007

Porcentajes referidos al número total de pacientes del estudio.

Los pacientes fueron clasificados en dos grupos:

1- Aquellos con puntuación de 10 o menos.

2- Los que alcanzaron puntuaciones de más de 10 puntos.

La elección de esta cifra como límite entre los grupos se debió a considerarla la frontera entre las pseudoartrosis de severidad leve y moderada.

Los resultados del tratamiento fueron diferentes entre ambos grupos ($p < 0.001$). Los pacientes con puntuación de 10 o menos presentaron consolidación tras el tratamiento en un 88,7% mientras que solo el 41,6% de los pacientes con pseudoartrosis de características graves consolidaron.

Los tests de regresión logística demostraron que otras variables independientes como edad, sexo, tabaquismo y evolución hasta el tratamiento eran homogéneas entre los diferentes grupos.

Éxito del tratamiento

Al final del tratamiento se consiguió la consolidación en 105 (71,2%) de los 146 pacientes tratados mediante CEMP.

Encontramos una fuerte correlación entre fracaso del tratamiento y edad de la pseudoartrosis. Cuanto más tiempo de evolución presente el caso menos sensible resulta al efecto del tratamiento. ($p = 0.0008$).

DISCUSIÓN

El tratamiento mediante aparatos emisores de campos electromagnéticos pulsátiles ha demostrado su eficacia en la consolidación de pseudoartrosis, artrodesis y osteotomías (16). Sus resultados han sido validados en estudios clínicos de alta evidencia científica (8,17).

Parece, por tanto, demostrado que los CEMP fun-

cionan y constituyen una alternativa terapéutica para el tratamiento de los problemas de consolidación ósea. Su empleo de forma aislada o en combinación con otros tratamientos está muy extendido entre los cirujanos ortopédicos.

El trabajo que presentamos no es un estudio prospectivo aleatorizado a doble ciego, simplemente es una muestra de la larga experiencia con este tratamiento en el Centro de Prevención y Rehabilitación FREMAP de Majadahonda. El índice de evidencia es, por ello, limitado pero representa la verificación de que los CEMP son útiles en nuestro medio.

Los estudios experimentales de Madroñero y cols, han permitido desarrollar una tecnología propia con frecuencias optimizadas y una eficacia máxima personalizada para cada paciente en comparación con los sistemas comerciales habituales. Este entorno investigador ha favorecido una protocolización y seguimiento estrictos de cada paciente que facilitan este estudio retrospectivo en el tiempo pero prospectivo en esencia.

Pero por mucha dedicación que preste el clínico y el investigador muchas veces se ha chocado con la falta de cumplimiento por parte del paciente. El aparato está equipado con un reloj oculto que controla la dosis realmente administrada. Un 21,3% de pacientes no cumplieron el protocolo.

En nuestro estudio la consolidación se consiguió en una media de 19,7 semanas, tiempo que coincide con la duración del tratamiento pues este se interrumpe cuando se consigue la curación. Cuando pasan 24 semanas sin consolidación se suspende el tratamiento y se busca otra alternativa.

Para la evaluación de los casos tratados mediante CEMP hemos introducido una nueva escala cuyo objetivo es cuantificar variables cualitativas que

caractericen las fracturas y las pseudoartrosis consecuentes. Esta cotación permitiría definir grupos de puntuación de gravedad y tratamiento diferente. Así, con respecto al tratamiento mediante CEMP los pacientes con puntuaciones menores de 10 obtienen mejores resultados debido a la menor severidad cuantificada de sus pseudoartrosis.

La cuantificación de la severidad de la fractura inicial ha resultado menos útil tanto como valor predictivo como indicación terapéutica. Los tests estadísticos empleados no han alcanzado suficiente significación al relacionar la puntuación de los pacientes en este aspecto con el resultado del tratamiento. Realmente muchas fracturas severas con alta puntuación pueden evolucionar a pseudoartrosis no tan desfavorables pues existen muchos factores implicados como los tratamientos previos, infección y estabilidad. La media de severidad de las fracturas es de 2,32 puntos, bastante alta, mientras que la de pseudoartrosis solo alcanza 1,85.

Parece claro que los pacientes con fracturas severas tendrán mas tendencia a la falta de unión que los que presentan fracturas con menos puntuación en la escala FREMAP que puede tener un alto valor predictivo en cuanto al riesgo de desarrollo de pseudoartrosis.

Los pacientes no han sido seleccionados previamente por lo que esta casuística presenta un número importante de pseudoartrosis tras fracturas severas en su mayoría tratadas quirúrgicamente antes de los CEMP. Un buen tratamiento previo ha demostrado ser importante de cara al éxito de la estimulación incruenta.

El porcentaje de éxito es relativamente bajo aunque nos sentimos satisfechos con este 71,2% de pacientes curados y sobretodo por que tras este estudio las indicaciones del tratamiento mediante CEMP parecen más definidas

El aparato empleado, con frecuencias optimizadas y personalizadas ha demostrado mejores resultados en estudios experimentales que otros productos disponibles comercialmente (14,15).

Esta teórica ventaja no se ha podido demostrar en nuestro estudio, quizá por las características de la población estudiada. Seleccionando los casos y en los pacientes con menos de 10 puntos de valoración de pseudoartrosis la tasa de éxito se acercó al 90% que es superior a la mayoría de los estudios clínicos empleando CEMP (3, 6, 9,10,16,18,19, 20, 23).

Con respecto a otras variables como tiempo de evolución de la pseudoartrosis y número de cirugías



Fig 1 A-C Radiografías tomadas (A) antes del tratamiento (B) después de 6 meses de tratamiento y (C) al término del mismo en un paciente de 39 años de edad que presentaba una pseudoartrosis de fémur con una puntuación de 6 en la escala FREMAP de pseudoartrosis. La evolución hasta el comienzo del tratamiento era de 9 meses y consolidó en 16 semanas con el tratamiento. Los pacientes con pseudoartrosis estables e hipertróficas son los mejores candidatos para el tratamiento mediante campos electromagnéticos pulsátiles.



Fig 2 A-C Radiografías tomadas (A) antes del tratamiento (B) después de 6 meses de tratamiento y (C) al término del mismo en un paciente de 22 años de edad con una pseudoartrosis infectada de cúbito. La evolución desde la fractura al comienzo del tratamiento fue de 11 meses. La puntuación en la escala FREMAP fue de 12 puntos. Se aplicó inicialmente un campo de baja frecuencia para mejorar la situación de las partes blandas. Tras 19 semanas de tratamiento se consideró consolidado y se retiró el material de osteosíntesis. La infección no representa una contraindicación para el tratamiento mediante campos electromagnéticos pulsátiles.

previas nuestros resultados permiten alcanzar las mismas conclusiones que otros estudios previos. La probabilidad de obtener un fracaso del tratamiento es directamente proporcional a ambos valores.

La presencia de infección no es una contraindica-

López-Oliva Muñoz, F.,
Madroñero de la Cal, A.,
García de las Heras, B., et al.

Evaluación, con una nueva escala de severidad,
de la eficacia del tratamiento de las pseudoartrosis
mediante campos electromagnéticos pulsátiles

ción del tratamiento mediante CEMP. En nuestro estudio un tercio de la población presentaba antecedentes de infección o signos de pseudoartrosis infectada activa. El tratamiento coadyuvante mediante bajas frecuencias mejora la situación de los tejidos blandos y controla los signos de infección aunque lógicamente no la cura. La aplicación de bajas frecuencias evita el empeoramiento de los síntomas observado cuando solo se emplean las frecuencias medias estimulantes de la reparación ósea. Sin embargo los resultados generales de la aplicación de CEMP en pseudoartrosis infectadas no han sido buenos en cuanto a consolidación.

Parece claro que este tratamiento no es efectivo en los casos con pseudoartrosis sintomáticas con patrones atróficos, inestabilidad e infección activa. Los pacientes con estas características presentan una puntuación mayor de 10 en la escala FREMAP por lo que ésta tiene valor predictivo.

Hay que tener en cuenta que aún en los casos más

favorables el tratamiento con CEMP puede no conseguir la consolidación (16).

En nuestra experiencia la clave del éxito es, como siempre, una adecuada indicación. Las ventajas del tratamiento mediante CEMP no son desdeñables. No es invasivo ni presenta efectos secundarios. El coste es bajo y no se conocen complicaciones. El tiempo total del tratamiento es comparable a procedimientos más agresivos como los injertos óseos (16).

En pacientes con pseudoartrosis estables e hipertróficas el tratamiento mediante la aplicación de campos electromagnéticos pulsátiles es una de las primeras opciones a considerar.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quiere destacar y agradecer la excelente labor realizada por Dña. Maribel Montero Tallón en la gestión de los tratamientos y el control de la población estudiada.

Referencias bibliográficas

1. De Haas WG, Beaupre A, Cameron Hv, et al: The Canadian experience with pulsed electromagnetic fields in the treatment of ununited tibial fractures Clin Orthop 208: 50 - 55, 1986.
2. Guillén García P, Madroñero A: Enhancement of bone healing by an exogenous magnetic field and the magnetic vaccine. J Biomed Eng 7: 157-160, 1985.
3. Guillen P, Madrigal J M, Madroñero A, et al: Aplicaciones clínicas de los campos magnéticos. Magnetoterapia y magnetosteogenia. Rev Esp de Cirug Osteoarticular 20: 257 - 279, 1985.
4. Farndale R W, Maroudas A, Marsland TP: Effect of low-amplitude pulsed magnetic fields on cellular ion transport. Bioelectromagnetics 8: 119 - 125, 1987.
5. Basset CAL: Electrical effects in bone. Scientific A 213: 18 - 28, 1965.
6. Fredman L S: Pulsating electromagnetic fields in the treatment of delayed and nonunion of fractures: Results from a district general hospital. Injury 16: 315 - 323, 1985.
7. Bassett CAL, Mitchell SN, Gaston SR: Treatment of ununited tibial diaphyseal fractures with pulsing electromagnetic fields. J Bone Joint Surger 63A: 511- 523, 1981.
8. Heckman JD, Ingram AJ, Lloyd RD, et al : Nonunion treatment with pulsed electromagnetic fields. Clin Orthop 161: 58 - 66, 1981.
9. Meskens M, Stuyck J, Muller JC: Treatment of delayed union and non union of the tibia by pulsed electromagnetic fields: A retrospective follow up. Bull Hosp Jt Dis 48:170 - 175, 1988.
10. Madroñero A: Influence of magnetic fields on calcium salts crystal formation: An explanation of the "pulsed electromagnetic field" technique for bone healing". J Biomed Eng 12: 410 - 414, 1990.
11. Hinsenkamp M, Ryaby J, Burny F: Treatment of nonunion by pulsing electromagnetic field: European multicenter study of 308 patients. Reconstr Surg Traumatol 19:147 -151, 1985.
12. Grossling HR, Bernstein RA, Abbott J: Treatment of ununited tibial fractures: A comparison of surgery and pulsed electromagnetic fields. Orthopedics 15: 711 - 719, 1992.
13. Ryaby JT: Clinical effects of electromagnetic and electric fields on fracture healing. Clin Orthop 355 : 205 - 215, 1998.
14. Basset CAL, Pawluk RJ, Becker RO: Effects of electric currents on bone formation in vivo. Nature 204: 652 - 653, 1964.

López-Oliva Muñoz, F.,
Madroñero de la Cal, A.,
García de las Heras, B., et al. | Evaluación, con una nueva escala de severidad,
de la eficacia del tratamiento de las pseudoartrosis
mediante campos electromagnéticos pulsátiles

15. Scott G, King JB: A prospective, double-blind trial of electrical capacitive coupling in the treatment of nonunion of long bones. J Bone Joint Surg 76A : 820 - 826, 1994.
16. McLeod KJ, Rubin CT: The effect of low - frequency electrical fields on osteogenesis. J Bone Joint Surg 74 A :920 - 929, 1992.
17. Lynch AF, Mac Auley P: Treatment of bone nonunion by electromagnetic therapy. IJMS 154:153 - 155, 1985.
18. Krempen J F, Silver RA: External electromagnetic fields in the treatment of nonunions bones: A three year experience in private practice. Orthop Rev 10: 33 - 39, 1981.
19. Sharrard WJW, Sutcliffe ML, Robson MJ, Maceachern AG: The treatment of fibrous nonunions of fractures by pulsing electromagnetic stimulations. J Bone Joint Surg 64B :189 - 198, 1982.
20. Brighton CT: Current concepts review: The treatment of nonunions with electricity. J Bone Joint Surg 63A: 847-859, 1981.
21. Brighton CT: Bioelectrical effects on bone and cartilage. Clin Orthop 124: 2 - 4, 1997.
22. Brighton CT, Pollack SR: Treatment of recalcitrant nonunion with a capacitively coupled electrical field. J Bone Surg 67A: 577 - 585, 1985.
23. Stein GA, Anzel SH: A review of delayed union of open tibia fractures treated with external fixation and pulsing electromagnetic fields. Orthopedics 7: 428 - 436, 1984.