

Fracturas con retardo en la consolidación ósea o pseudoartrosis: tratamiento no invasivo con electroestimulación galvánica transcutánea

José Calderón-Garcidueñas,* Ma. Judith Castillo-Carranza,** Daniel Pavón-Salas,***
Juan Antonio Mireles-Díaz,*** René González-Gutiérrez***

Unidad Medicina Física y Rehabilitación. IMSS, Monterrey, Nuevo León

RESUMEN. *Objetivo.* Evaluar el grado de consolidación ósea en pacientes con retardo en la consolidación o pseudoartrosis, tratados con electroestimulación galvánica transcutánea. *Material y métodos.* Estudio comparativo realizado en 18 pacientes con diagnóstico de retardo en la consolidación o pseudoartrosis, divididos en dos grupos aleatorios A y B. Se evaluaron inicialmente parámetros radiológicos y clínicos de consolidación ósea. El Grupo A recibió electroestimulación galvánica transcutánea por 10 minutos diarios durante 42 sesiones. El grupo B actuó como grupo control, ambos grupos realizaron programa de casa. Al término del estudio se evaluaron nuevamente los parámetros clínicos y radiológicos y se analizaron con la prueba exacta de Fisher con una $p <$ de 0.05. *Resultados.* El período de evolución de la postura al tratamiento fue de tres hasta 80 meses con un promedio de 18.11 meses, 16 de los 18 pacientes con antecedentes de uno a cinco procedimientos quirúrgicos con evolución tórpida. El grupo A presentó siete de nueve pacientes con mejoría radiológica. En el grupo B sólo uno de nueve pacientes presentó mejoría radiológica. *Conclusiones.* 1) El grupo que recibió electroestimulación galvánica transcutánea mostró mejoría radiológica y clínica significativa en comparación con el grupo control. 2) La electroestimulación galvánica favorece la consolidación ósea acelerando el proceso natural de consolidación. 3) La electroestimulación galvánica transcutánea es un método no invasivo para el tratamiento de retardo en la consolidación y la pseudoartrosis, que permite ser utilizado en pacientes ambulatorios evitando un deterioro físico mayor.

Palabras clave: electroestimulación, consolidación ósea, osteogénesis, fractura, pseudoartrosis.

* Médico especialista en Medicina de Rehabilitación. Director de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación No. 1, IMSS, Monterrey, N.L.

** Médico especialista en Medicina de rehabilitación. Unidad de Medicina Física y Rehabilitación No. 1, IMSS, Monterrey, N.L.

*** Médico especialista en Traumatología y Ortopedia, Hospital de Traumatología y Ortopedia No 21, IMSS, Monterrey, N.L.

Dirección para correspondencia:

Dr. José Calderón Garcidueñas
París No. 17, Col. Mirador. C.P. 6400.
Unidad Medicina Física y Rehabilitación No. 1, Monterrey, N.L.
Tel. 3433327, 3451169, 3404010.

SUMMARY. *Objective.* To evaluate bone union in patients who had delayed union or pseudoarthroses and were treated by transcutaneal electrostimulation. *Materials and methods.* This is an experimental trial performed in 18 adult patients who were classified in groups A and B with 9 patients each one. Group A patients were treated by transcutaneal galvanic electrostimulation for 10 minutes daily in 42 sessions. Group B remained untreated as control. Exact test of Fisher was applied with a value for $p <$ 0.05. Time space from fracture to present treatment was from 3 to 80 months (av. 18 months) and 16 out of 18 have had 1 to 5 operations. *Results.* The group A, 7 out of 9 patients had bony union in X-rays while in group B only one patient had radiological improvement. *Conclusion.* 1) Significant improvement occurred in patients of group A. 2) Transcutaneal galvanic electrostimulation produce bone-union in cases with delayed union and pseudoarthroses. 3) This is an ambulatory and non-invasive method, so patients are allowed to continue in activity.

Key words: electrostimulation, delayed union, pseudoartroses, fracture, osteogenesis.

Una fractura es una rotura estructural, ya sea que se trate de la de un hueso, de una placa epifisaria o de una super-

Tabla 1. Escala de Montoya para la formación de callo óseo postfractura diafisaria.

Grados	Hallazgos radiológicos
I	Reacción periótica sin callo
II	Callo con trazo de fractura visible
III	Callo de trazo de fractura visible sólo en partes
IV	Desaparición del trazo de fractura

ficie articular cartilaginosa. La curación normal de una fractura es un proceso biológico en extremo interesante, sobre todo si se tiene en cuenta que un hueso fracturado, contrariamente a cualquier otro tejido desgarrado o seccionado, es capaz de curar sin cicatriz, regenerando hueso normal.¹ El mecanismo por el cual se consigue la consolidación ósea se inicia desde el momento de la fractura. Tan pronto como el hueso se fractura, la ruptura de los vasos endósticos y periósticos causa un hematoma. El proceso de reparación depende en su mayor parte de los vasos periféricos hasta la consolidación del callo.² Este proceso está regulado por cargas eléctricas. La actividad osteoblástica se realiza en un medio eléctricamente negativo y la actividad osteoblástica en un medio eléctricamente positivo.³ La velocidad de la consolidación está influida por el hueso fracturado, el tipo de fractura, el método de tratamiento, el estado general del paciente y especialmente por la edad.⁴ La curación de una fractura determinada puede ser anormal y presentar complicaciones tardías de consolidación ósea como: el retardo en la misma,¹ que se presenta cuando la curación no ha avanzado dentro del tiempo promedio que corresponde a la localización y el tipo de la fractura. La fractura no muestra signos visibles y progresivos de curación durante tres meses.

La pseudoartrosis se presenta cuando ha transcurrido un mínimo de nueve meses desde el traumatismo y la fractura no muestra signos visibles y progresivos de curación por lo menos seis meses.^{1,5}

El hueso ha demostrado una admirable capacidad de consolidación pese a técnicas como la fijación con placa y con clavo intramedular. Los conceptos tradicionales en cuanto al tratamiento de estas fracturas fueron revisados o desaprobados por la evidencia acumulada en los últimos 30 años. Se ha demostrado que el concepto de que la fijación rígida es necesaria para la osteogénesis es insostenible.

El movimiento leve y controlado del miembro fracturado asociado con el apoyo funcional del peso corporal provoca una inmediata respuesta del callo, que es muy favorable.

El concepto de que el tratamiento cerrado exige una absoluta inmovilización de las articulaciones proximal y distal a la fractura también ha quedado cuestionado en particular por el trabajo de Sarmiento.⁶ Las evidencias abundan en cuanto al hecho de que el movimiento funcional es más compatible con una consolidación efectiva que la inmovilización forzada.

Los resultados del tratamiento quirúrgico, aun en las manos más experimentadas, pueden acercarse pero nunca igualar a los obtenidos con el tratamiento funcional cerrado. Otra opción para el tratamiento de las fracturas y de la pseudoartrosis es la aplicación de corriente eléctrica en el hueso. Muchos investigadores han demostrado osteogénesis⁷ en el sitio del electrodo negativo o cátodo, también se ha demostrado que la corriente directa en pulsos no es tan efectiva en producción de osteogénesis como la corriente directa constante.⁸

En otro estudio realizado en animales y personas se observó la formación de nuevo hueso con la aplicación de co-

rriente directa. Utilizaron conejos a los cuales se les realizó osteotomía del peroné y pacientes con pseudoartrosis. A los pacientes se les aplicó una corriente directa de 20-25 µA, los electrodos fueron colocados bajo la piel. En los animales utilizaron corriente eléctrica de 20 µA continua por 21 días.⁹

Recientemente Ohashi, en Tokio, demostró que con estimulación por corriente directa, las células periósticas fueron activadas y transformadas de células progenitoras a osteoblastos y tejido osteoide, y finalmente en osteocitos, pero cuando la estimulación con corriente directa fue discontinuada, después de 24 horas la actividad de las células osteoprogenitoras se modificó, diferenciándose en fibroblastos y en tejido conectivo.¹⁰

Aunque la estimulación con corriente eléctrica muestre mitosis y reclutamiento de células osteogénicas, el mecanismo por el cual trabaja la corriente directa como estimulación, resulta en consumo de oxígeno disuelto y pH aumentado.¹¹

Brighton y colaboradores y Black y Brighton⁹ proponen que la osteogénesis es estimulada por la disminución de la tensión de oxígeno y aumento en el pH en la vecindad del cátodo, como un resultado de la reducción electroquímica de oxígeno.¹²

Esta hipótesis es apoyada por varios estudios que sugieren que el crecimiento del hueso es estimulado por un medio alcalino con una baja tensión de oxígeno. Con electricidad en áreas de curación natural del hueso, se estimulan condroblastos, osteoblastos y condrocitos, es conocido también que el AMP cíclico aumenta significativamente así como el ión calcio alrededor del medio.¹³ La electroestimulación también es utilizada como método terapéutico en patologías como osteonecrosis, osteoartritis y osteoporosis.^{14,15}

Todos estos estudios mencionados se realizaron colocando los electrodos en forma invasiva, percutáneamente o colocados directamente en la corteza del hueso fracturado. La utilización de un método no invasivo o transcutáneo para la colocación de los electrodos, que nos proporcione datos de consolidación ósea en pacientes con retardo en la consolidación o pseudoartrosis, proporciona la base del objetivo de este estudio, que es evaluar el grado de consolidación ósea, en pacientes con retardo en la consolidación o pseudoartrosis, tratados con electroestimulación transcutánea.

Material y métodos

Estudio cuasiexperimental, que se realizó en la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación No. 1 del IMSS, en 18 pacientes asignados por cuota, con diagnóstico de fractura no expuesta, con retardo en la consolidación o pseudoartrosis, referidos del Hospital de Traumatología y Ortopedia No. 21 del IMSS, durante los meses de junio a octubre de 1999. Se incluyeron pacientes de uno u otro sexo, con un rango de edad de 15 a 65 años, con evolución de un míni-

Tabla 2. Control radiológico inicial y final, en pacientes que recibieron tratamiento.

No	CRI	CRF	GM
1	G-I	G-III	2
2	G-I	G-III	2
3	G-II	G-IV	2
4	G-II	G-IV	2
5	G-II	G-IV	2
6	G-III	G-IV	1
7	G-II	G-IV	2
8	G-II	G-III	1
9	G-I	G-III	2

P = paciente; CRI = control radiológico inicial de acuerdo con la escala de Montoya; CRF = control radiológico final de acuerdo con la escala de Montoya; GM = grados de mejoría.

Tabla 3. Control radiológico inicial y final del grupo control.

No	CRI	CRF	GM
1	G-II	G-III	1
2	G-I	G-II	1
3	G-II	G-III	1
4	G-II	G-IV	2
5	G-III	G-IV	1
6	G-I	G-II	1
7	G-II	G-II	0
8	G-II	G-III	1
9	G-II	G-III	1

P = paciente; CRI = control radiológico inicial de acuerdo con la escala de Montoya; CRF = control radiológico final de acuerdo con la escala de Montoya; GM = grados de mejoría.

Tabla 4. Valoración radiológica con la prueba exacta de Fisher.

	A (+)	B (-)
M (+)	7	1
M (-)	2	8

A (+) = grupo intervenido, B (-) = grupo control, M (+) = pacientes que mostraron mejoría, M (-) = pacientes que no mostraron mejoría.

Tabla 5. Prueba exacta de Fisher, valoración clínica.

	A (+)	B (-)
M (+)	8	3
M (-)	1	6

A (+) = grupo intervenido, B (-) = grupo control, M (+) = pacientes que mostraron mejoría, M (-) = pacientes que no mostraron mejoría.

mo de tres meses, tratados o no quirúrgicamente, con o sin material de osteosíntesis. Se eliminaron aquellos que presentaron proceso infeccioso en el momento o enfermedades metabólicas.

Se dividieron en dos grupos aleatorios A y B, se evaluaron al inicio del tratamiento los parámetros clínicos de percepción de crepitación, sensación de movimiento, así como

dolor a la presión y durante la carga en el foco de la fractura, utilizándose para la valoración del dolor una escala visual análoga del dolor que comprende 10 grados, indicando grado 1 no dolor y 10 dolor máximo. El grado de consolidación ósea se valoró radiológicamente con la escala de consolidación ósea de Montoya (*Tabla 1*), tomándose como mejoría el avance de dos grados y como evolución natural del proceso, un grado.

El grupo A recibió electroestimulación galvánica transcutánea por 10 minutos diarios a dosis subumbral sensorial ajustado a un miliampere, utilizando dos electrodos de placa, colocados en forma lineal, el cátodo colocado en el sitio de la fractura y el ánodo proximal, durante dos meses con un total de 42 sesiones, se utilizó un aparato Mettler Electronics Sys. Stim 207, recibió además programa de casa que consistió en movilizaciones y descargas de peso en el miembro afectado. El grupo B actuó como grupo control con programa de casa. Al término del estudio se evaluaron los parámetros clínicos y radiológicos mencionados inicialmente, se analizaron con la prueba exacta de Fisher con una $p < 0.05$. Este estudio fue aprobado por el comité local de investigación y cumple con las normas éticas de la Declaración de Helsinki.

Resultados

Se evaluaron 18 pacientes, 17 del sexo masculino y uno del femenino, con edad promedio 36.72 años y un rango de 21 a 63. El período de evolución promedio fue de 18.11 meses, oscilando desde los tres hasta los 80 meses; 16 de los 18 pacientes tenían antecedentes de uno a cinco procedimientos quirúrgicos con evolución tórpida, presentando un promedio de dos intervenciones.

En la valoración radiológica inicial, los grupos A y B mostraron diferentes grados de consolidación que oscilaron entre los grados I y III, siendo ambos grupos homogéneos (*Tablas 2 y 3*).

En la valoración radiológica final, el grupo A o intervenido, presentó una mejoría de hasta dos grados en siete de nueve pacientes (*Tabla 2*), en contraste con el grupo B o control, que mostró mejoría de dos grados de consolidación sólo en un paciente (*Tabla 3*).

Al confrontar las evaluaciones radiológicas finales de los dos grupos se encontró mejoría en la consolidación ósea estadísticamente significativa ($p < 0.05$) para el grupo A o intervenido (*Tabla 4*).

En la valoración clínica el dolor durante la presión en el sitio de la fractura, éste se presentó en 100% de los casos con calificación de 5 en la escala visual análoga del dolor para el grupo A y de 4.3 para el grupo B o control. En el grupo A, ocho de nueve pacientes presentaron mejoría representando 88.8% de mejoría, en el grupo B mejoraron clínicamente en el dolor sólo tres de nueve pacientes equivaliendo a 33.3%. Los resultados finales se confrontaron encontrando una mejoría para el dolor estadísticamente significativa para el grupo A con $p < 0.05$ (*Tabla 5*).

Discusión

En el estudio realizado por Kleczynski⁹ en 62 pacientes con 64 pseudoartrosis utilizó corriente directa de 20-25 µA con el cátodo colocado en la cavidad de la pseudoartrosis por espacio de cuatro semanas. Él encontró mejoría en 58 casos (98%), aunque no menciona grupo control. En el presente estudio obtuvimos una mejoría porcentual de 77.77%, que es menor a la encontrada por Kleczynski, sin embargo, los electrodos fueron colocados transcutáneamente, siendo éste un método no invasivo, la dosis se ajustó a un miliamperio debido a que la impedancia de la piel y de los tejidos reducen la energía liberada, por lo que se requiere más de la utilizada en estudios previos invasivos; se colocó durante 10 minutos por 42 sesiones, lo que permitió que se pudiera utilizar en pacientes ambulatorios.

En un estudio realizado por Brighton⁷ en 57 casos con retardo en la consolidación o pseudoartrosis, encontró que cuando aplicó electroestimulación de 10 microamperios por nueve semanas no activó la unión de las fracturas, sin embargo, al aplicar dosis de 20 microamperios por el mismo tiempo, obtuvo un mayor grado de consolidación en sus pacientes en 61.4%. Este estudio se realizó colocando los electrodos en la corteza del hueso en el sitio de la fractura, las fallas de su estudio consistieron en una inadecuada dosis de microamperios y en que los electrodos fueron removidos accidentalmente.

En el presente estudio se utilizó una dosis subumbral sensorial ajustada a 1 miliamperio y se utilizaron electrodos transcutáneos, en donde los electrodos colocados externamente en caso de ser removidos accidentalmente se podían volver a colocar en el sitio de la fractura. Se encontró una mejoría de 77.77%, mayor a la encontrada por Brighton. Este mismo autor en otro estudio⁸ en 130 pacientes, con los cátodos insertados percutáneamente a una dosis de 20 µA por 12 semanas, donde a diferencia del estudio anterior inmovilizó a sus pacientes durante todo ese período, halló una mejoría de 87.71%, es decir, mayor a la encontrada en nuestro estudio, en donde no inmovilizamos al paciente para permitirle una mejor independencia física.

Lorraine¹⁵ realizó un estudio en 16 pacientes en el que colocó los electrodos en el sitio de la pseudoartrosis, con dosis de 20 µA por 12 semanas, e inmovilizando la extremidad. Encontró mejoría en 68.75% de sus casos. La mejoría en nuestro estudio (77.77%) es mayor a la encontrada por Lorraine, con la ventaja de que no se aplica inmovilización evitando deterioro físico mayor.

Existen numerosos estudios en los que se utiliza corriente directa para la estimulación de la consolidación ósea en pacientes con complicación tardía de fracturas que han

mostrado éxito, sin embargo, estos estudios se han realizado en forma invasiva o semiinvasiva en la colocación de los electrodos, además de la inmovilización prolongada con la que son tratados los pacientes. En este estudio la colocación de los electrodos fue no invasiva, lo que permitió utilizarlos en pacientes ambulatorios, lo que a su vez contribuyó a un mejor estado físico para ellos. No se encontró otro estudio que comparativamente hubiera utilizado los electrodos en esta forma para los fines señalados.

Conclusiones

- 1) El grupo que recibió electroestimulación galvánica transcutánea mostró mejoría radiológica y clínica significativa en comparación con el grupo control.
- 2) La electroestimulación galvánica favorece la consolidación ósea acelerando el proceso natural de consolidación.
- 3) La electroestimulación galvánica transcutánea es un método no invasivo para el tratamiento de retardo en la consolidación y la pseudoartrosis, que permite ser utilizado en pacientes ambulatorios evitando un deterioro físico mayor.

Bibliografía

1. Salter R: Trastornos y lesiones del sistema musculoesquelético. 2da. ed. España: Masson-Salvat Medicina; 1993: 378-85.
2. Trueta J. La estructura del cuerpo humano. Estudio sobre su desarrollo y decadencia. 2da. ed. España: Labor S.A.; 1975: 120-8.
3. Pedrosa C. Diagnóstico por imagen tratado de radiología clínica. 1st ed. España: McGraw-Hill Interamericana; 1986: 1220-69.
4. Connolly J: De Palma tratamiento de fracturas y luxaciones. 3ra. ed. Argentina: Médica Panamericana; 1992: 1550-610.
5. Crenshaw A: Campbell cirugía ortopédica. 8va. ed. Argentina: Médica Panamericana; 1993: 1211-66.
6. Sarmiento A: Tratamiento funcional incruento de las fracturas. 1a. ed. Argentina: Médica Panamericana; 1981: 11-56.
7. Brighton T, Friedenberg Z, Mitchell I: Treatment of nonunion with constant direct current. *Clin Orthop Research* 1977; 124: 106-23.
8. Brighton CT: Treatment of nonunion of the tibia with constant direct current. *Trauma* 1980; 21: 189-95.
9. Kleczynski S: Electrical stimulation to promote the union of fractures. *Int Orthop* 1998; 12: 83-7.
10. Herbert A, Haupt MD: Electrical stimulation of osteogenesis. *South Med* 1984; 77: 56-64.
11. Mark WO, Kenneth J: Effects of electromagnetic fields in experimental fracture repair. *Clin Orthop Res* 1998; 455: 90-104.
12. Claude LRS, Lagey MD, Jan MM: Electrical stimulation of bone growth with direct current. *Clin Orthop* 1986; 204: 303-12.
13. Wang Q, Zhong S, Ouyang J: Osteogenesis of electrically stimulated bone cells mediated in part by calcium ions. *Clin Orthop* 1998; 348: 259-68.
14. Kenneth M, Clinton R: Clinical use of electrical stimulation in fracture healing. *Phys Med Rehab* 1995; 9: 67-75.
15. Lorraine D: Electrical stimulation in the treatment of nonunited fractures. *Clin Orthop* 1981; 161: 54-7.
16. Martínez Morillo M, Pastor Vega J, Sandra Portero F: Manual de medicina física. 2da. ed. España: Harcourt Brace; 1998: 133-49.