

101
2Ej.

**CARACTERIZACION DE LA ELECTROESTIMULACION
UTILIZADA PARA LA CICATRIZACION DE HERIDAS**

Patricia Hernández Zaunbos
Asesores: Héctor S. Sumano López
Ana E. Auró de Ocampo

México, D. F. 1987



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN	1
INTRODUCCION	3
MATERIAL Y METODOS	8
RESULTADOS	11
DISCUSION	12
LITERATURA CITADA	14
FIGURAS	18
CUADROS	22

RESUMEN

HERNANDEZ ZAUNBOS, PATRICIA. Caracterización de la electroestimulación utilizada para la cicatrización de heridas (bajo la dirección del MVZ Héctor S. Sumano López y la MVZ Ana E. Auró de Ocampo).

El presente trabajo se realizó con la finalidad de caracterizar con precisión la frecuencia y el voltaje ideales dentro de una salida constante de $2 \mu\text{A}$ (micro - Amperios), para lograr el mejor efecto cicatrizante en heridas. Se utilizaron 130 ratas de la cepa Wister divididas en 10 grupos de 13 animales cada uno. Se les extirpó una cantidad constante de piel (5% de su superficie corporal). El grupo testigo no recibió tratamiento, mientras que los otros grupos fueron tratados con electroestimulación, utilizando para ello diferentes voltajes y frecuencias. Los tratamientos duraron 10 minutos cada día, durante 10 días. Las lesiones de 10 ratas de cada grupo fueron sometidas a análisis de varianza y sucesivas pruebas "t" de Dunnet (24). Las lesiones de las 3 ratas restantes de cada grupo fueron sometidas a un análisis histológico. Estos últimos datos se analizaron mediante la prueba de rangos de Kruskal Wallis (24). El análisis tensiométrico mostró que cualquier frecuencia eléctrica y voltaje de los utilizados tiene efectos promotores o facilitadores de la cicatrización. Los grupos V y VI fueron estadísticamente superiores a los otros grupos ($P < 0.05$). En evaluaciones histológicas destaca el grado de reepitelialización que desarrollaron los grupos V y VI. Se sugiere que a una frecuencia media (60 Hertz) con voltajes medios y altos (200 - 350 Voltios) y

utilizando una corriente baja ($2 \mu\text{A}$) se obtiene el mejor efecto cicatrizante en heridas.

INTRODUCCION

Toda herida es una solución de continuidad en los tejidos con un grado variable de desvitalización y pérdida de sustancia que es preciso reparar (20). La reparación del daño es una cualidad fundamental del tejido viviente; por lo tanto, los tejidos del organismo poseen ésta facultad y lo logran por medio de la cicatrización (2,12,25).

La cicatrización es una secuencia cronológica de eventos (11,33), sin embargo, la velocidad con que sucede ésta, no es la misma para todos los tejidos (2). La piel posee una capacidad regenerativa altamente desarrollada, por lo que se pueden reparar grandes pérdidas cutáneas (3). Al igual que la piel, mucosa y músculos esqueléticos cicatrizan con mayor facilidad que los músculos lisos (2,3,27). Las fibras musculares subcutaneas no se regeneran y son siempre sustituidas por tejido fibroso (30).

El estudio de las condiciones bajo las cuales la cicatrización se lleva a cabo es relativamente reciente y ha sido motivo de estudios profundos, que han permitido conocer los diferentes medios que el organismo emplea para restaurar un daño en los tejidos (2,12).

Ross (20) ha resumido la secuencia de la cicatrización en eventos que van desde la lesión hasta la coagulación de la sangre, la inflamación y finalmente la fibrogénesis.

La cicatrización se presenta en dos formas; por primera y segunda intención, siendo una regeneración la cicatrización por primera intención y una reparación la cicatrización por segunda intención (2,25).

La primera ocurre en una herida en la cual sus bordes pueden ser puestos en contacto por medio de suturas y no hay falta de continuidad en el tejido subepitelial por lo que no existe espacio muerto (2,20,33). Este tipo de cicatrización da un resultado usualmente deseable, tanto funcional como esté-

tico, ya que la cantidad de tejido cicatrizal producido es la mínima necesaria para mantener la firmeza e integridad del área (12,25). Inmediatamente después de que la herida se produce, se inicia el proceso de coagulación, que comprende factores humorales y respuestas celulares. La principal respuesta celular tiene que ver con la trombina y la colágena. Las plaquetas se adhieren mecánicamente las unas a las otras para parar la hemorragia y suministrar componentes e iniciadores del proceso intrínseco de la coagulación. Una vez terminado este proceso, aparecen en la herida los diferentes tipos de leucocitos (12). En primer lugar los neutrófilos polimorfonucleares (granulocitos) y los monocitos sanguíneos, estos últimos al encontrarse en las proximidades de la herida se transforman en macrófagos, que son los responsables de la fagocitosis y el debridamiento de la herida (12,16,20). Los neutrófilos polimorfonucleares aparecen en las primeras horas de la regeneración de una herida y permanecen en grandes cantidades por uno o dos días. Si no existe infección disminuyen rápidamente y posteriormente proliferan los macrófagos (aproximadamente 24 horas después) disminuyendo pocas horas después; aunque, esto depende también de las complicaciones que se puedan presentar en la herida (12).

Toda esta secuencia de eventos integrantes de la inflamación preparan las condiciones adecuadas para el desarrollo de la reparación (8,27).

Los fibroblastos y capilares aparecen en la herida poco después que los leucocitos, alcanzando su número máximo entre los 7 y los 10 días en heridas que cierran por primera intención. Los fibroblastos son responsables de la formación de los componentes del tejido conectivo, específicamente la colágena (8,10,12,34). Los fibroblastos favorecen la unión de la herida através de una malla reticular de fibras colágenas que une las superficies separadas. Después de 4 o 5 días las fibras se han multiplicado de manera tal que ya no permiten la fácil separación de los bordes de la herida (2,8,10). El epitelio

adyacente a la herida muestra hiperplasia hasta que se ponen en contacto - con las células epiteliales del borde opuesto. Al suceder esto, las células de jan de proliferar y la dermis tiende a regenerarse incluyendo las glándulas y los folículos pilosos (12,30).

La cicatrización por segunda intención ocurre en heridas que presentan un espacio muerto con pérdida de la continuidad del tejido subepitelial. Como la lesión ha causado un pérdida excesiva de tejido, este no es capaz de regenerarse y la herida se reparará con tejido de granulación (2,20), lo - cual en general no da un resultado deseable esteticamente hablando y en oca - ciones tampoco funcional (2,4,20). Posterior a una herida y su consecuente hemorragia, se desarrolla este tipo de cicatrización. La hemorragia produce un coágulo con una matriz de fibrina, la que se seca y contrae; el coágulo y la costra brindan una protección mecánica inmediata, aunque relativamente débil contra la invasión de polvo y bacterias (12,14). Hay una respuesta in - flamatoria cuya extensión y gravedad depende del tipo de herida (12). De - bido a que el espacio normalmente ocupado por el tejido puede haberse llena - do de sangre coagulada, pus o cuerpos extraños, comienzan a aparecer los neutrófilos como la primera línea de defensa celular (12,23). Después de un período de 4 a 6 horas, la células epiteliales en los bordes de la herida em - piezan a acumular gránulos de glucógeno y 4 a 6 horas después aparecen fi - guras mitóticas en las capas basales del epitelio. Las células comienzan a mi - grar a partir de estos estratos, ya sea bajo los bordes del coágulo o a tra - vés del mismo. Las células epiteliales migran por la dermis intacta pero no cruzarán el tejido de granulación (vease siguiente página) y solamente se o - rientan sobre su superficie (12,15).

Durante la primera fase de la lesión y continuando hasta su cierre, se presenta una contracción progresiva de los fibroblastos en el área profunda de la herida (9,10). El proceso de contracción de la herida es deseable pa -

ra disminuir su tamaño pero resulta contraproducente si es exagerado (26).

Macrófagos, células endoteliales y fibroblastos constituyen la mayor parte del tejido de granulación, que tiene un papel esencial en este tipo de cicatrización (12,14). El tejido de granulación crece para llenar todos los espacios muertos de la herida y se caracteriza por estar altamente vascularizado y extremadamente resistente a la infección por gérmenes piógenos. En última instancia se transformará en tejido cicatrizal (12).

A medida que el tejido de granulación ocupa los espacios muertos de la herida, las partes más activas se organizan de tal forma que los fibroblastos que se van quedando atrás sintetizan más colágena a su alrededor misma que establece enlaces cruzados. Finalmente, se forma el tejido cicatrizal a partir del de granulación; éste se va transformando en una masa prácticamente carente de células, la mayoría de los fibroblastos y capilares desaparecen y finalmente el aporte sanguíneo se abate (8,12,14).

Para lograr una correcta cicatrización deben existir además, factores intrínsecos y extrínsecos. Los primeros son los relacionados básicamente con la nutrición de los pacientes, mientras que los segundos son aquellos que favorecen la correcta unión de los diferentes planos (2,25).

Entre las causas más comunes que impiden una correcta cicatrización se hallan, la presencia de tejido muerto, contaminación por gérmenes piógenos, factores mecánicos como irritantes, mala aplicación de vendajes, poca oxigenación de la herida y la presencia de cuerpos extraños como parásitos, astillas, partículas de hueso, etc. (25).

Siempre ha sido preocupación médica la de encontrar diversas formas para controlar la cicatrización. Así, tenemos por ejemplo el uso de productos que inhiben el crecimiento de microorganismos que habitualmente invaden los tejidos lesionados. Estos productos tienen desventajas por causar irritación excesiva y aún necrosis de tejidos, lo que pone en tela de juicio su eficacia

real como cicatrizante (5,18).

En la actualidad se buscan nuevas alternativas para lograr cicatrizaciones adecuadas (28,29). Entre estas alternativas podemos contar con la zábila (32), el tepescohuite (22), el propoleo (32) y la electroestimulación (13).

A partir de las observaciones de Abolafia y cols. (1), Sumano y cols. (31), Rodríguez (19), Cañedo (6) e Illades (13); acerca de la capacidad de un estímulo eléctrico para fomentar la fuerza de cohesión de una herida y mejorar el aspecto macroscópico y microscópico de la misma se deriva la necesidad de llevar a cabo estudios adicionales, que definan con precisión las características del estímulo eléctrico. En esos trabajos se especificó que el tipo de estímulo obtenido provenía de una máquina electroestimuladora para electroacupuntura (Akupuncter 71-6*), con estímulo en forma de espiga como se muestra en la figura 1. En dichos estudios la corriente, el voltaje y la frecuencia utilizadas no son especificadas y solo se mencionan aproximaciones que están muy lejos de la realidad. Así, aunque se reconoció un efecto benéfico de la electroestimulación, no se sabe en que forma un mayor o menor amperaje, voltaje o frecuencia puede mejorar o empeorar el éxito del procedimiento.

Aparentemente, la corriente establecida en las heridas de éstos trabajos logró un efecto antibacteriano (1,6,13,19,31). Por otro lado, se detectó mediante observaciones histológicas que la reparación de la herida estaba asociada a un aumento de la densidad de colágena que se traducía a un excelente aspecto cicatrizal. Todos estos aspectos requieren de una evaluación que permita determinar las características ideales del estímulo eléctrico.

* Laboratorios ACK Inc. New York.

MATERIAL Y METODOS

Se utilizaron 130 ratas de la cepa Wistar hembras y machos de 200 a 250 g de peso, divididas en 10 grupos de 13 animales cada uno. Los grupos quedaron constituidos de la siguiente manera:

Grupo I	Ratas estimuladas a 100 Voltios y 6	Htz
Grupo II	Ratas estimuladas a 200 Voltios y 6	Htz
Grupo III	Ratas estimuladas a 350 Voltios y 6	Htz
Grupo IV	Ratas estimuladas a 100 Voltios y 60	Htz
Grupo V	Ratas estimuladas a 200 Voltios y 60	Htz
Grupo VI	Ratas estimuladas a 350 Voltios y 60	Htz
Grupo VII	Ratas estimuladas a 100 Voltios y 300	Htz
Grupo VIII	Ratas estimuladas a 200 Voltios y 300	Htz
Grupo IX	Ratas estimuladas a 350 Voltios y 300	Htz
Grupo X	Ratas no estimuladas que sirvieron de tes- tigo.	

Se midió para las heridas un amperaje (in situ) de:

0.7 μ Amps grupo I	2 μ Amps grupo VI
0.9 μ Amps grupo II	5 μ Amps grupo VII
0.95 μ Amps grupo III	10 μ Amps grupo VIII
1.0 μ Amps grupo IV	15 μ Amps grupo IX
2.0 μ Amps grupo V	Testigo grupo X

Todos los animales fueron anestesiados con éter, mediante el método abierto y se les extirpó una cantidad constante de piel, aproximadamente equivalente al 5% de su superficie corporal, utilizando para ello un anillo de metal por donde se hizo pasar la piel, cortándola en la base. El cálculo de la superficie corporal se realizó de la siguiente manera (35):

$$A = K W^{2/3}$$

Donde: A = Superficie del área en cm^2
 W = Peso del cuerpo en g
 K = 10

La electroestimulación se llevó a cabo diariamente colocando cuatro agujas de acupuntura equidistantes, a 5 - 6 mm de la periferia de los bordes de la herida como se esquematiza en la figura 2.

La electroestimulación se aplicó con un electroestimulador Akupuncter - 71-6* modificado, capaz de brindar un electroestímulo variable que proporciona picos de voltaje de 1 mV (mili-Voltios) a 350 V, con picos inversos de voltaje de 0 a -80 V, frecuencias ajustables de 0 a 300 Htz y una corriente fija de 2 μA . El esquema de la electroestimulación queda representado en la figura 3.

Al cabo de 10 días de electroestimulación se sacrificaron 100 animales con sobredosis de pentobarbital y se les retiró la piel para someterla a un análisis tensiométrico de acuerdo con lo escrito por Wolarsky y Prudden (36) y representado en la figura 4. En tres animales de cada grupo se retiró el tejido cicatrizal el cual se fijó con formalina al 10% y se sometió al análisis histológico rutinario utilizando la tinción de Hematoxilina-Eosina y tricrómica de Masson. Dadas las características del análisis tensiométrico, la evaluación bacteriológica se llevó a cabo por apreciación microscópica, mediante la observación de células inflamatorias, exudado y la presencia misma de las bacterias.

Los resultados del análisis tensiométrico expresados en mm de Hg fueron sometidos a un análisis de varianza y sucesivas pruebas "t" de Dunnet. El análisis histológico se llevó a cabo por tres observadores independientes y de manera ciega, calificando los siguientes aspectos en rangos de 0 - 25 - 50 - 75 - 100% (-, +, ++, +++, +++) respectivamente:

- Grado de reepitelialización.
- Densidad de fibrina.

* Laboratorios ACK Inc. New York.

- Densidad de colágena.
- Contaminación bacteriana.
- Presencia de células inflamatorias y exudado.
- Regeneración de estructuras, folículos pilosos, lámina basal, glándulas sebáceas.

Estos últimos datos fueron analizados mediante la prueba de rangos de -
Kruskal Wallis (24).

RESULTADOS

En 90 ratas que bajo anestesia se les extirpó el 5% de su superficie corporal en piel, se llevaron a cabo 90 tratamientos con electroestimulación utilizando voltaje y frecuencias variables (ver métodos). A los 10 días se realizó un análisis tensiométrico y los resultados se detallan en el cuadro 1, donde destaca que cualquier frecuencia eléctrica y voltaje de los utilizados tiene efecto promotor o facilitador de la cicatrización. La prueba "t" de Dunnet muestra diferencias estadísticamente significativas en la tensión de herida, debida al tratamiento difiriendo de los valores del grupo control ($P < 0.05$) pero, en el siguiente orden decreciente; grupo VI, V, IV, VIII, III, VII, II, I y IX.

En el cuadro 2, se presentan las evaluaciones histológicas destacando los puntos más relevantes de dicho análisis. Las pruebas de Kruskal Wallis, para cada variable mostraron que la densidad de colágena, no difieren en ninguno de los grupos significativamente. El resto de los parámetros difiere medianamente y el que más significativamente difiere es el parámetro de reepitelialización ($P < 0.05$).

Tanto en el análisis tensiométrico como en las evaluaciones histológicas los tratamientos de los grupos VI y V mostraron los mejores resultados.

En el grupo control se detectó fibrosis abundante con escasa reepitelialización y notable contaminación bacteriana con exudado y poca densidad de colágena.

DISCUSION

Uno de los aspectos más notables de éste estudio radica en la homogeneidad de los resultados, lo que a su vez es muestra de la influencia variable de distintas modalidades de la electroestimulación. Sin embargo, es importante destacar que en todos los casos la electroestimulación brindó resultados superiores a los detectados en el grupo testigo. Este hecho en sí, sugiere que la electroestimulación, casi de cualquier índole, es capaz de facilitar el proceso de cicatrización. En otras ocasiones se han dosificado heridas contaminadas con otros tipos de estímulo eléctrico, como en el caso de Rowley, Mc Kenna y Chase (21) quienes aplicaron corriente directa con un generador con salida de 200 a 1000 μ A, observando un efecto antibacteriano marcado, aunque también se observó una inhibición de la regeneración de la herida.

En contraste con los resultados de Rowley, Mc Kenna y Chase (21), en todos los grupos electroestimulados con corriente alterna en éste estudio, no se apreció un proceso inhibitorio de la cicatrización. Esta última apreciación está fundamentada en el incremento de la fuerza de cohesión de los bordes de la herida y en las características histopatológicas del proceso de cicatrización. Entre estas características destaca el grado de reepitelialización que desarrollaron los grupos, principalmente el V y el VI en los que se presentaron incluso, signos de regeneración de estructuras tales como glándulas sebáceas y folículos pilosos. Estas características, aunque arrojan cierta evidencia indirecta de una mejoría en el proceso cicatrizal no pueden considerarse conclusivas de un aumento de la velocidad de cicatrización. Para averiguar si se acelera o no el proceso de cicatrización será necesario en estudios posteriores llevar a cabo un estudio secuencial que revele la actividad nuclear tanto de los bordes de la herida como del estrato basal. Así mismo, será necesario llevar a cabo estudios de densidad de colágena (34) y del tipo de co-

lágina que sustituye a la lesionada (11). De cualquier manera los estudios realizados permiten completar el objetivo propuesto en relación a la identificación del tipo de estímulo eléctrico ideal dentro de las condiciones propuestas. Dicho estímulo se sitúa a razón de 60 Htz de frecuencia y 200 - 300 Voltios - utilizando una corriente de 2 μ A.

El rango de frecuencias y voltajes elegidos para este estudio depende primeramente de las normas de seguridad establecidas para la aplicación de electricidad para tejidos vivos (17) y en forma secundaria depende directamente de la disponibilidad de electroestimuladores en el mercado. Este último punto es de vital importancia para la implementación práctica de esta técnica ya que, las máquinas disponibles en México tienen un costo muy elevado.

Es de notarse que las altas frecuencias no produjeron un efecto cicatrizante comparable a los grupos V y VI. Es muy probable que la carencia de una respuesta adecuada a la cicatrización se deba a que el tejido tiende a calentarse con frecuencias de 300 o más Htz. Así, es recomendable que se intente observar el efecto de campos electromagnéticos en el evento de la cicatrización. De esta manera puede evitarse el problema del sobrecalentamiento de los tejidos, en especial si se considera que la aplicación de campo electromagnético representa un campo novedoso para la regeneración de tejidos lesionados recibiendo su mayor ímpetu de la consolidación de fracturas (7).

Así pues, para fines prácticos es posible recomendar el uso de electroestimulación a razón de 200 - 350 Voltios y 60 Htz para la reparación de heridas a nivel cutáneo y posiblemente, quede por establecer la pérdida de amperaje en los casos en los que la superficie afectada sea muy extensa.

En forma preliminar, este problema de pérdida de amperaje se está subsanando, aplicando crema electrolítica en la herida* lo que bien probablemente permita una mayor homogeneización del amperaje en toda la herida.

* Comunicación personal del MVZ Héctor Sumano L., catedrático de la F.M.V.Z. de la U.N.A.M.

LITERATURA CITADA

1. Abolafia, A. J., Sumano, L. H., Navarro, F. R. y Ocampo, C. L.: - Evaluación del efecto cicatrizante de la acupuntura. *Vet. Méx.*, - 16:27-31 (1985).
2. Alexander, A.: Técnica Quirúrgica en Animales. 3th. Interamericana. México, 1974.
3. Arey, L. B.: Histología Humana. 2th. La Prensa Médica Mexicana. - México, 1972.
4. Bailey, J. V., Caron, J. P. and Lees, M. J.: Wound closure by the mesh-expansion technique in 2 equine skin wounds. *Modern. Vet. - Pract.*, 2:353-357 (1986).
5. Branemark, I. P., Albrektsson, B., Lindstrom, F. and Lundborg, G.: Local tissue effects of wound disinfectans. *Acta. Chir. Scand.*, - 357:166-176 (1966).
6. Cañedo, R. H. G.: Efecto de la acupuntura sobre la reparación de heridas por segunda intención. Tesis de licenciatura. *Fac. Med. - Vet. y Zoot.* Universidad Nacional Autonoma de México, México, - D. F. 1985.
7. Casaubon, H. M. T.: Reparación ósea; revisión bibliográfica. Tesis de Maestría. *Fac. Med. Vet. y Zoot.* Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 1980.
8. Chvapil, M.: Pharmacology of fibrosis: definitions, limits and - perspectives. *Life Sci.*, 16:(9):1345-1362 (1975).
9. Gabbiani, G., Majno, G. and Ryan, G. B.: The fibroblast as a contractile cell: The myofibroblast. In: Kulonen, E. and Pikkarainen, J.: - The biology of the fibroblast. *Academic Press.*, London 1973.
10. Grillo, H. C. and Gross, J.: Collagenolytic activity during -

- mammalian wound repair. *Develop. Biol.*, 15:300-317 (1967).
11. Gunson, D. E.: Collagen in normal and abnormal tissues. *Equine - Vet. J.*, 11 (2):97-101 (1979).
 12. Hunt, T. K.: Cicatrización e Infección de las Heridas: Teoría y Práctica Quirúrgica. *Manual Moderno*. México, D. F. 1983.
 13. Illades, R. M.: Evaluación del efecto de la electroestimulación en la cicatrización de piel con quemadura de tercer grado en ratas. Tesis de licenciatura. *Fac. Med. Vet. y Zoot.* Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 1985.
 14. Knapp, T. R., Daniels, J. R. and Kaplan, E. N.: Pathologic scar formation. *Am. J. Pathol.*, 86 (1):47-63 (1977).
 15. Krawczyk, W. S.: A pattern of epidermal cell migration during wound healing. *J. Cell. Biol.*, 49:247-263 (1971).
 16. Leibowich, S. J. and Ross, R.: The role of the macrophage in wound repair: Study with hydrocortisone and anti-macrophage serum. *Am. J. Pathol.*, 78:71 (1975).
 17. Nijmegen, J. G.: Electric and Electromagnetic Stimulation of Bone Growth. *Karger*, U.S.A. 1985.
 18. Ocampo, C. L.: Clasificación y mecanismo de acción de los principales desinfectantes. Curso de actualización sobre desinfección y desinfectantes y su empleo en medicina veterinaria. pp. 27-51. *Fac. Med. Vet. y Zoot.* Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. (1981).
 19. Rodríguez, F. O.: Evaluación de la capacidad de cicatrización de un campo eléctrico en heridas contaminadas con *Staphylococcus aureus*. Tesis de licenciatura. *Fac. Med. Vet. y Zoot.* Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 1985.

20. Roos, R.: The fibroblast and wound repair. *Biol. Rev.*, **43**:51-57 (1968).
21. Rowley B. A., Mc Kenna, J. M. and Chase, G. R.: The influence of electrical current on an infecting microorganism in wounds. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **238**:543-551 (1974).
22. Ruiz, M. A.: Evaluación de los efectos cicatrizantes de la aplicación de un campo eléctrico, el tepezcohuite (*Mimosa tehuiniflora*), la zábila (*Aloe vere*) y la nitrofurazona en quemaduras de tercer grado. Tesis de licenciatura. *Fac. Med. Vet. y Zoot.* Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 1987.
23. Runnels, R. A. and Monlux, W. A.: Principios de Patología Veterinaria. Anatomía Patológica. *Compañía Editorial Continental, S. A.*, México. 1980.
24. Siegel, S.: Estadística no paramétrica, 4^a ed. *Editorial Trillas*, México, D. F. 1978.
25. Silver, I. A.: The mechanics of wound healing. *Equine Vet. J.*, **11**(2):93-96 (1979).
26. Simpson, M. D. and Russell, R.: The neutrophilic leukocyte in wound repair. *J. Clin. Inves.*, **51**:2009-2023 (1972).
27. Smith, H. A. and Jones, T. C.: Patología Veterinaria. *UTEHA*. México, 1980.
28. Sin, Y. I.: Effect of electric acupuncture and moxibustion on phagocytic activity of the reticulo-endothelial system of mice. *Am. J. of Acup.*, **11** (3):237-241 (1983).
29. Sin, Y. I., Sedgewick, A. D., Mackan, A. B., Bates, M. B. and Willoughby, D. A.: Effect of electric acupuncture stimulation on acute inflammation. *Am. J. of Acup.*, **11** (4):359-362 (1983).

30. Slauson, D. O. and Cooper, B. J.: Mechanisms of Disease. **Williams and Wilkins**, Baltimore, 1982.
31. Sumano, L. H., Casaubon, T. y López, G.: Effect of electroacupuncture on second intention wound healing. **Can. J. Surg.**, (En prensa) 1987.
32. Sumano, L. H., Ocampo, C. L., Gaytán, C. G. y González, V. M.: - Eficacia cicatrizante de varios medicamentos de patente, la zábila y el propóleo. **Vet. Mex.**, 18:33-37 (1987).
33. Thompson, R. G.: General Veterinary Pathology. **W. B. Saunders.** - London, 1978.
34. Tsurufuji, S. and Nakagawa, H. : Quantitative aspect of the formation and maturation of collagen in rat skin. **Biochim. Biophys. - Acta.**, 140:142-147 (1967).
35. Walker, H. L. and Mason, A. D.: A standard animal burn. **J. of - Trauma.**, 8 (6):1049-1051 (1968).
36. Worlasky, E. and Prudden, F. J.: A new method of wound tensiometry. **Arch. Surg.**, 85:404-409 (1962).

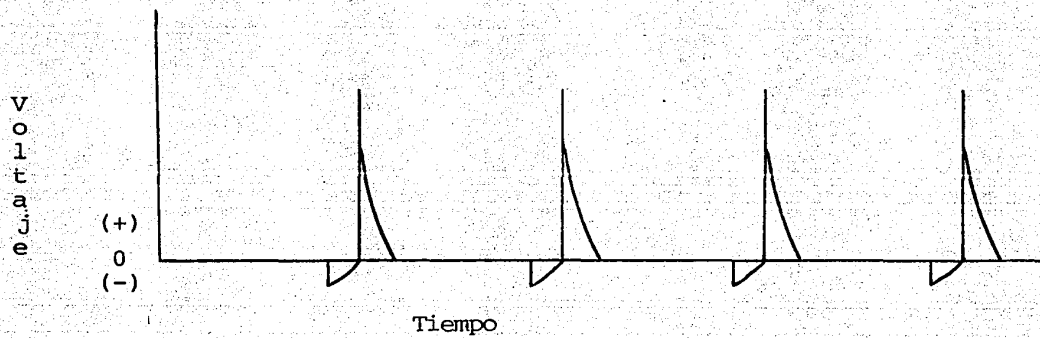


Figura 1. Esquematación del tipo de estímulo utilizado por Abolafia et al (1).

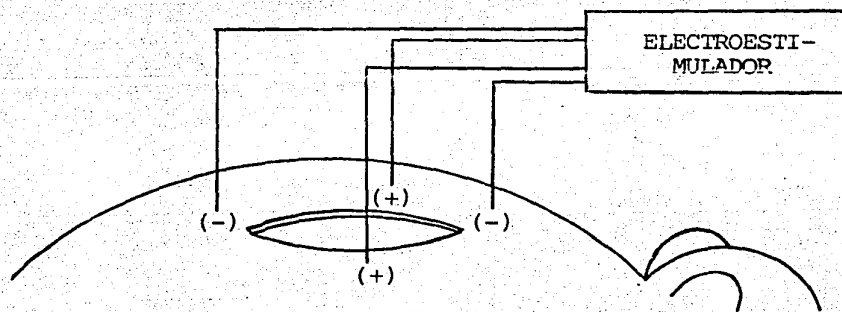


Figura 2. Esquematación de la colocación de las agujas de acupuntura para llevar a cabo la electroestimulación.

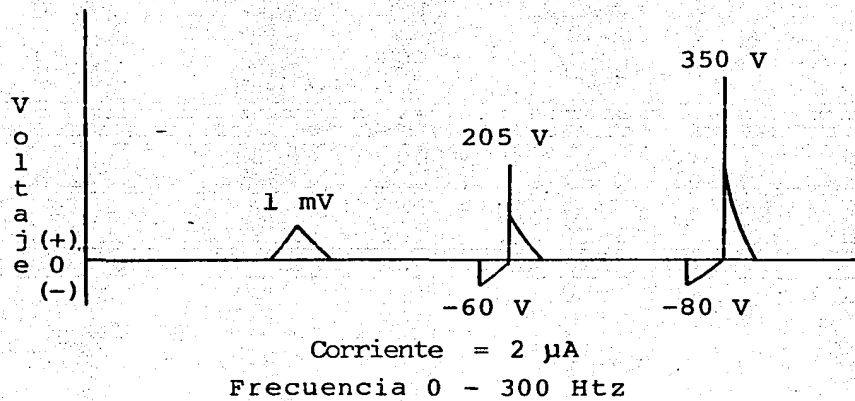
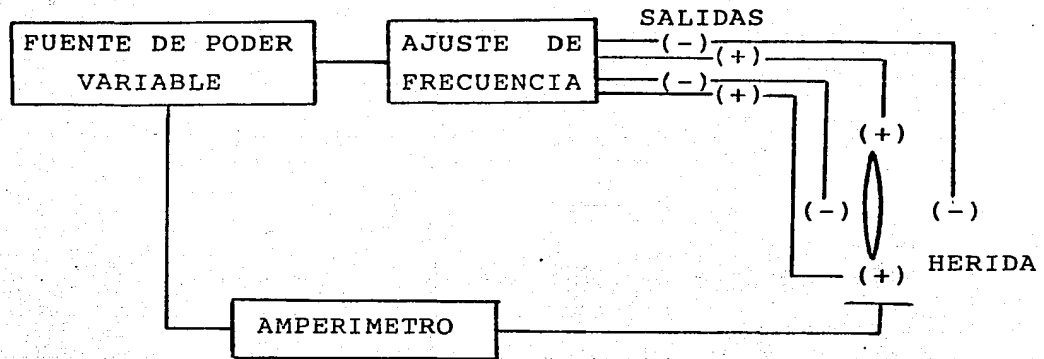


Figura 3. Esquema de la electroestimulación y la medición de la corriente (Amperios).

- A. Manómetro.
B. Perilla.
C. Hule-látex en expansión.
D. Dispositivo para asegurar.
la piel.

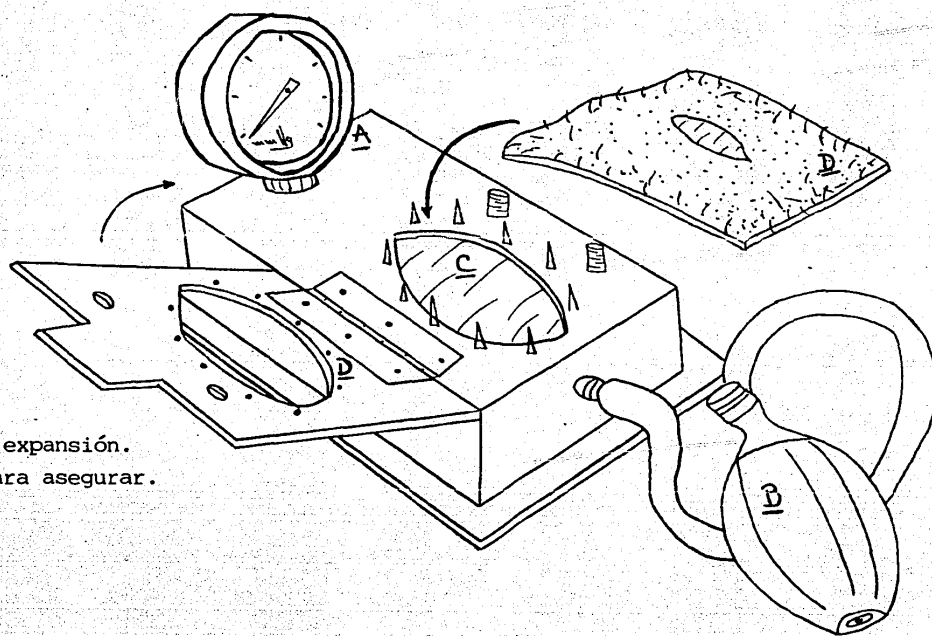


Figura 4.
Representación del dispositivo para medir la tensión de heridas.

RATA No.	GRUPO									Testigo
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	180	210	250	215	325	380	250	215	195	120
2	185	200	195	215	306	320	195	225	100	110
3	210	185	220	250	380	326	220	235	210	95
4	200	180	225	215	350	340	200	240	200	95
5	185	220	235	250	320	328	200	250	190	90
6	170	225	215	225	360	340	215	215	180	100
7	185	210	195	235	320	380	225	240	195	105
8	195	220	250	235	320	320	220	210	200	105
9	200	210	240	230	360	368	195	195	210	95
10	210	200	200	230	370	340	210	210	200	85
	1920	2060	2225	2300	3411	3442	2130	2235	1960	1000
\bar{x}	192	106	222.5	230	341.1	344.2	213	223.5	196	100
s	13.16	14.86	21.24	13.12	25.79	23.44	17.02	17.32	33.24	10.27

C u a d r o 1.

Relación de la tensión de herida (en mm de Hg) obtenida
para un grupo testigo y los 9 grupos electroestimulados.

Característica histopatológica	G r u p o									Testigo
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Reepitelialización	+	++	++	+++	++++	++++	+++	++	+	-
Densidad de colágena (*)	++	++	++	+++	+++	+++	++	++	+	-
Contaminación bacteriana	+	++	+	+	-	-	++	+++	++	++++
Fibrina	+++	+++	++	++	+	+	+++	+++	+++	++++
Regeneración de la lámina basal	-	-	+	++	+++	+++	+	+	+	-
Presencia de células inflamatorias y exudado	+++	++	++	+	+	+	+	++	+++	++++
Presencia de folículos pilosos y glándulas sebáceas	-	-	+	+	++	++	+	+	+	-

(*) Con respecto al tejido no lesionado.

0% (-) Nada 25% (+) Poco 50% (++) Moderado
75% (+++) Bueno, abundante 100% (++++) Excelente, mucho.

C u a d r o 2 .

Resumen de las características histopatológicas de los grupos electroestimulados y el testigo (X), evaluado por rangos con tres observadores independientes.