

22
2010



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA

EFFECTO DE LA ELECTROESTIMULACION PARA PROMOVER ANGIOGENESIS EN COLGAJOS MUSCULOCUTANEOS ISQUEMIGOS EN RATAS

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
P R E S E N T A :
VIRIDIANA GONZALEZ MUÑOZ

ASESORES:
MVZ JESUS PAREDES PEREZ
MVZ HECTOR SUMANO LOPEZ

MEXICO, D. F.

1994

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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.

**EFFECTO DE LA ELECTROESTIMULACION PARA PROMOVER
ANGIOGENESIS EN COLGAJOS MUSCULOCUTANEOS
ISQUEMICOS EN RATAS**

Tesis presentada ante la
División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

de la

Universidad Nacional Autónoma de México
para la obtención del Título de
Médico Veterinario Zootecnista

Por:

VIRIDIANA GONZALEZ MUÑOZ

Asesores:

MVZ Jesús Paredes Pérez
MVZ Héctor Sumano López

México, D.F.

1994

Agradezco...

**a todos los animalitos que colaboraron para
la realización de este trabajo**

**a mis asesores:
MVZ Jesús Paredes Pérez
MVZ Héctor Sumano López**

**al Departamento de Patología y
al MVZ Rafael Colín por su colaboración**

CONTENIDO

RESUMEN	.....	1
INTRODUCCION	.....	2
HIPOTESIS	.....	7
OBJETIVOS	.....	8
MATERIAL Y METODOS	.....	9
RESULTADOS	.....	12
DISCUSION	.....	14
LITERATURA CITADA	.....	16
FIGURAS	.....	19
CUADROS	.....	24

RESUMEN

GONZALEZ MUÑOZ VIRIDIANA. Efecto de la electroestimulación para promover angiogénesis en colgajos musculocutáneos isquémicos en ratas. (Bajo la dirección de: Jesús Paredes Pérez y Héctor Sumano López).

Se electroestimularon colgajos musculocutáneos isquémicos en ratas, con el fin de analizar mediante inspección macroscópica, histopatología de la cicatrización y fuerza de tensión de herida, si la electroestimulación a una dosis de 0.6 Coulombs/cm² mejora el proceso de cicatrización mediante una estimulación de la angiogénesis. Se utilizaron los métodos estadísticos de Kruskal-Wallis y de varianza para analizar los datos antes mencionados y los resultados obtenidos fueron lo suficientemente seguros como para proponer que la electroestimulación promueve la reparación del tejido isquémico. Una posible explicación a este resultado es la aparición temprana de cambios vasculares y organización mas rápida del proceso de reparación, ya que el grupo experimental, a diferencia del grupo control, tuvo una mayor organización y cantidad de colágena tanto a los 7 como a los 15 días. Por tanto, se puede concluir que la electroestimulación favorece la síntesis de colágena y que quizá dicha proliferación se debe a una mayor disponibilidad de nutrientes en el área para que los fibroblastos la produzcan y en este sentido resulta congruente postular que hubo un mejor aporte sanguíneo.

INTRODUCCION

Es muy común que en la clínica veterinaria se presenten pacientes con severas pérdidas de piel en diferentes partes del cuerpo, ésto como resultado de traumatismos, quemaduras y extirpación de masas. Dependiendo de la experiencia e interés del cirujano, así como de las características propias de la herida, dichas lesiones se pueden reparar de diferentes formas. La más usual de ellas corresponde al afrontamiento directo de los bordes, teniendo el inconveniente de llegar a producir tensión en la línea de sutura, con su subsecuente dehiscencia. Otra opción sería el manejarla como herida abierta y permitir que cicatrice por segunda intención, presentando este tipo de reparación la desventaja de requerir mayor tiempo de cicatrización y cuidado de la herida, no cicatrización, cicatrización excesiva, epitelialización frágil susceptible a lesión, así como exposición directa de estructuras importantes adyacentes hasta que se complete la cicatrización. Técnicas mas elaboradas para lesiones cutáneas, incluyen los autoinjertos, cuyo uso es limitado en veterinaria debido a la probabilidad de fracaso y a la posibilidad de usar otras técnicas mucho más efectivas como son los colgajos cutáneos. (5,8,21,22,27,29,32)

Un colgajo cutáneo se define como una porción de piel y tejido subcutáneo con pedículo vascular que se mueve de un lugar hacia otro. Los colgajos pediculados pueden utilizarse para cubrir defectos de vascularidad pobre, orificios sobre una cavidad, así como para el revestimiento y protección inmediata de nervios, vasos, tendones y otras estructuras susceptibles a la exposición y traumatismo. (10,21,24)

El éxito de los colgajos cutáneos en perros y gatos, radica en la disposición de una gran cantidad de piel móvil y elástica, así como en la irrigación de la misma; la rata y el conejo comparten estas características, razón por la cual son utilizados en muchos experimentos que estudian este tipo de técnica. (10,19,21) Dicha irrigación se basa primordialmente en el plexo subdérmico y en arterias cutáneas directas, siendo las

últimas el principal suministro sanguíneo de la piel. Estas arterias cutáneas directas se localizan en forma paralela a la piel, lo que permite dar gran movilidad a los colgajos y realizar colgajos de gran tamaño; a diferencia del humano, en el que el aporte sanguíneo de la piel está dado en su mayor parte por arterias musculocutáneas, situadas en forma perpendicular a la misma. Estas características son una limitante en la utilización de colgajos cutáneos en el hombre, por lo que generalmente son sustituidos por la práctica de autoinjertos. (14,17,18,24)

Por otro lado, hay que considerar que existen factores de fracaso que influyen directa o indirectamente en el aporte sanguíneo, viéndose también afectada la angiogénesis. Dentro de los factores de fracaso podemos mencionar: mala planeación del colgajo cutáneo, técnica quirúrgica traumática, excesiva tensión sobre los bordes de la herida, torceduras del aporte vascular, edemas, formación de hematomas, infecciones, técnicas incorrectas de vendaje postoperatorio, entre otros. (15,17,24)

La importancia de lo antes mencionado, radica en que la sobrevivencia de un colgajo depende principalmente de un adecuado suministro sanguíneo y cualquier afección o interferencia a éste, conducirá eventualmente a una necrosis. Esta necrosis se manifiesta en el colgajo con una coloración oscura, deshidratación, rigidez y facilidad para desprenderse. (8,14,32)

El aporte sanguíneo es indispensable para la cicatrización del colgajo cutáneo y es importante considerar que tanto la velocidad como la calidad de la cicatrización son directamente proporcionales al aporte sanguíneo en todos sus niveles. (9) La cicatrización es un proceso biológico dinámico (9) y cuenta con las siguientes cuatro fases:

I. FASE DE INFLAMACION. Se presenta inmediatamente después del daño, iniciándose con una hemorragia la cual es acompañada por la activación de los factores de coagulación, permitiendo la formación de un coágulo que controlará la hemorragia y ocluirá los vasos linfáticos por medio de redes de fibrina, limitándose así la reacción inflamatoria. Después de 10 minutos ocurre una vasodilatación activa y se incrementa la

permeabilidad local de capilares y vénulas, provocado por aminas vasoactivas (histamina, serotonina, etc.), que conduce a la liberación en la herida de un líquido rico en enzimas, proteínas, anticuerpos y complemento, y es importante para diluir sustancias tóxicas y facilitar la llegada de leucocitos a la herida. Posteriormente el coágulo se deshidrata y forma una costra que protege a la herida de la contaminación externa. (3,24)

II. FASE DE DESBRIDACION. Los polimorfonucleares y las células mononucleares son atraídos a la herida por muchos factores quimiotácticos. Los neutrófilos tienen como papel primario la destrucción de bacterias y posterior a la ingestión de éstas, los neutrófilos mueren y liberan enzimas que facilitan el ataque a los desechos extracelulares por parte de los macrófagos. Dentro de las principales funciones de los macrófagos tenemos la liberación de factores que estimulan fibroplasia y angiogénesis, originan células gigantes multinucleadas en reacciones inflamatorias crónicas y son los principales productores de interleucina 1, la cual atrae fibroblastos, linfocitos, neutrófilos y macrófagos. (3,12,24,25)

III. FASE DE REPARACION. Esta fase comienza cuando desaparecen de la herida el tejido necrótico, los coágulos sanguíneos y otros desechos. Consta a su vez de 3 subfases:

- a) **Epitelialización.** Células epiteliales de la periferia de la herida pierden su adherencia con la dermis e inician su migración hacia el defecto. La mitosis de estas células epiteliales parece estar mediada por una proteína llamada "chalcona". (3,6)
- b) **Fibroplasia y angiogénesis.** Estos dos procesos están íntimamente relacionados y son necesarios para la formación de tejido de granulación. Los macrófagos liberan factores que atraen células mesenquimales indiferenciadas que se transforman en fibroblastos migratorios, los cuales avanzan hacia el centro de la herida por medio de la red de fibrina y son seguidos por nuevos capilares. Una vez que el fibroblasto ha entrado a la herida, secreta glicoproteínas que forman la sustancia base, la cual influye en la agregación y orientación de fibrillas de colágena que eventualmente se

convierten en fibras menos solubles. A medida que el contenido de colágena aumenta, el número de fibroblastos disminuye y ésto conduce hacia el final de la fase de reparación. (3,6,12,24)

c) **Contracción de la herida.** Es el proceso por el cual toda la amplitud de una herida abierta disminuye y se caracteriza por un movimiento centrípeto de todo el espesor de la piel que la rodea, y es causado por fibroblastos modificados, llamados miofibroblastos. (6,24)

IV.FASE DE MADURACION. En un principio la fuerza de la herida esta determinada por la formación del coágulo en la misma. La epitelialización también contribuye a esta resistencia temprana, como también lo hace el crecimiento de nuevos capilares, el período de rápida fibroplasia, así como el contenido aumentado de colágena en la herida. La fuerza tardía se logra cuando el contenido de colágena en la herida empieza a estabilizarse a las 3 semanas. Posteriormente a ésto, la resistencia de la herida sigue aumentando por un período de 1 a 2 años como resultado del entrecruzamiento intra e intermolecular de las fibras de colágena. (2,3,7,24,27)

Dado que en la clínica veterinaria los colgajos cutáneos son una técnica efectiva para reparar lesiones en piel y considerando que su éxito depende de un adecuado aporte sanguíneo, se han realizado estudios encaminados a encontrar todos aquellos medios que incrementen la irrigación del colgajo y con ésto su sobrevivencia. Ha sido demostrado el uso efectivo de vasodilatadores como el isoxsuprine, en colgajos amenazados por una circulación sanguíneo inadecuada. (14) Así mismo, se han ensayado diferentes formas de estimular la angiogénesis como la interrupción parcial del aporte sanguíneo, el uso del rayo láser y la acupuntura, los cuales han dado resultados parcialmente buenos. (1,4,10,11,28)

Se ha comentado (1,4,13,20,23,26,31) que con la aplicación de un cierto tipo de estímulos eléctricos se fomenta el proceso de cicatrización, presumiblemente mejorando

la perfusión sanguínea del área afectada. Con el método de electroestimulación se han obtenido notables resultados clínicos¹, no obstante, no es posible concluir con los datos hasta la fecha obtenidos que existe una angiogénesis fomentada en los tejidos electroestimulados ni se puede extrapolar esta suposición a la angiogénesis de colgajos isquémicos. Por lo tanto, se consideró de utilidad llevar a cabo un estudio que evaluara el papel de la electricidad en la angiogénesis y en la sobrevivencia de colgajos cutáneos.

Es importante señalar que de acuerdo con las normas propuestas por Reich y Tarjan (20) para informar el tipo de electroestimulo dosificado, la dosis que ha brindado resultados favorables en los estudios mencionados es de una densidad de carga de 0.1 a 2.0 Coulombs/cm², que a su vez representa una corriente calculada de 40-80 μ Am, con un voltaje de 200-400 mV y una frecuencia de 60-125 Hz, usando una corriente alterna. Con estas características de electroestímulo, se pretendió probar en un modelo experimental en ratas si se logra promover la angiogénesis y mejorar la sobrevivencia del colgajo isquémico.

¹Comunicación personal MVZ Héctor Sumano López.

HIPOTESIS

La electroestimulación a una dosis de 0.6 Coulombs/cm² mejora el proceso de cicatrización de colgajos musculocutáneos isquémicos experimentales en ratas, mediante una estimulación de la angiogénesis.

OBJETIVOS

Evaluar mediante inspección macroscópica, análisis histopatológico de cicatrización de piel y fuerza de tensión de la herida, si la electroestimulación a una dosis de 0.6 Coulombs/cm² mejora el proceso de cicatrización de colgajos musculocutáneos isquémicos experimentales en ratas, mediante una estimulación de la angiogénesis.

MATERIAL Y METODOS

Animales

Se utilizaron 20 ratas de la cepa Wistar , machos, con pesos que fluctuaron entre 350 a 400g, alojados en grupos de 2 animales por jaula y alimentados con alimento comercial y agua ad libitum, con un ciclo luz-oscuridad de 14:10 horas respectivamente. A los animales se les dió un periodo de adaptación de 7 días y se dividieron en 2 grupos, uno experimental (E) y el otro control (C).

Colgajo musculocutáneo

Los 2 grupos de animales se sometieron a anestesia utilizando ketamina a una dosis de 50-60mg/kg de P.V., más droperidol a una dosis de 2.5 mg/kg de P.V., ambos aplicados por vía intramuscular. Posteriormente se llevó a cabo el rasurado y se aplicaron las medidas de antisepsia convencionales (lavado y embrocado).

Se realizó un colgajo musculocutáneo de acuerdo con el modelo establecido por Kjartansson et al. (10), el cual consiste en hacer un colgajo de 2 cm de ancho por 7 cm de largo y cuya base se ubica ligeramente caudal a las escápulas. Estos colgajos fueron elevados de la fascia profunda del músculo e incluyeron la fascia superficial, pánículo carnoso, tejido subcutáneo y piel. Después de la elevación del colgajo éste fué reposicionado y suturado con puntos separados simples, utilizando un material monofilamentoso no absorbible de nylon 3-0. (Veáse figura 1).

Técnica de electroestimulación

Al día siguiente de la cirugía, el grupo E fué tratado con electroestimulación (EE) bajo anestesia a dosis mínimas de ketamina y droperidol. La EE se llevó a cabo con un electroestimulador para acupuntura², con una dosis de 0.6 Coulombs/cm², que se logró mediante la aplicación diaria por 20 minutos y por 15 días de corriente alterna a 67 Hz, 300 mV, con una corriente de 40 μ A.

El electroestímulo se logró aplicando los electrodos subcutáneamente con el acomodo esquematizado en la figura 2, de acuerdo con lo sugerido por Casaubón y Sumano. (4)

Examen del tejido y medición de fuerza de tensión de la herida

A los 7 días postcirugía se tomó una biopsia de la porción distal del colgajo en todos los animales en estudio para ser sometida a una evaluación histopatológica de la cicatrización. Las biopsias fueron calificadas por tres observadores en forma ciega y las variables que se evaluaron a partir de éstas corresponden a: neutrófilos, linfocitos, macrófagos, vascularidad, colagenización y aspecto general.

Transcurridos los 15 días de electroestimulación, se sacrificaron las ratas con sobredosis de pentobarbital sódico vía intraperitoneal. Posteriormente se precedió a quitar los puntos de sutura y a continuación se retiró cuidadosamente la piel mediante una disección fina para así medir "tensión de herida" con un aparato especialmente diseñado para tal fin por Wolarsky y Prudden (30) y modificado por el Departamento de Fisiología y Farmacología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM (Véase figura 3). El valor de la tensión de herida se obtiene en mm de Hg.

²Electronic Acupunctoscope; Beijing, China.

Una vez hecho esto, se tomó nuevamente una biopsia de la porción distal del colgajo y se sometió a una evaluación histopatológica como se explicó anteriormente. Todas las muestras fueron procesadas utilizando las técnicas de fijación de rutina y tinciones tricrómica de Masson y Hematoxilina-Eosina (H-E).

Datos estadísticos

Las variables no paramétricas fueron evaluadas por medio de un análisis de rango de Kruskal-Wallis y las paramétricas mediante análisis de varianza.

RESULTADOS

De los animales sometidos a electroestimulación, solo 2 de los 10 individuos de este grupo presentaron a los 15 días un proceso infeccioso limitado, mientras que en el grupo control, 7 de los 10 animales resultaron con infección. La morfología microscópica general de las heridas del grupo E, correspondió a un aspecto sano y algunos casos incluso tuvieron apariencia de regeneración (Véase Fig. 7); en el grupo C se encontró una cicatrización deficiente para la mayoría de los animales, a excepción de 2 individuos que mostraron una apariencia muy semejante a la de la piel normal. En lo que se refiere a morfología macroscópica, algunos colgajos, tanto del grupo C como del E, presentaron necrosis en su parte más distal, así como también se reveló una ligera diferencia a favor del grupo E, ya que algunos bordes de las heridas de colgajos no electroestimulados no adosaban correctamente.

Las evaluaciones histopatológicas se resumen en los cuadros del 1 al 4, en los que se anota el dato promedio de las tres observaciones hechas en forma ciega. En los cuadros 5 y 6 se presentan los datos relevantes del análisis estadístico Kruskal-Wallis para las variables descritas en los cuadros anteriores. De dichos cuadros se deduce que hubo diferencias significativas a los 7 días para los neutrófilos, macrófagos y grado de vascularidad. Tanto el grado de colagenización como el aspecto general mostraron diferencias para los días 7 y 15.

El análisis estadístico de los datos tensiométricos (Véase cuadro 7) no dió diferencias significativas, no obstante, los resultados se enlistan en el cuadro 8.

En las figuras 4, 5, 6 y 7 se presentan las imágenes histológicas típicas del grupo experimental y control a los 7 y 15 días. En las imágenes que corresponden a los colgajos electroestimulados, podemos ver que la colágena se encuentra en una forma mejor organizada y mas densa que en los colgajos controles. Así mismo, a los 15 días el grupo E a diferencia del grupo C, muestra un epitelio bien formado con presencia de glándulas y folículos pilosos.

DISCUSION

De acuerdo con lo descrito por Kjartansson (10), la parte mas distal del colgajo debió haber presentado un mayor grado de isquemia; sin embargo, en este ensayo se presentó solamente una pequeña isquemia. No obstante, se puede considerar que el modelo utilizado ofrece suficiente isquemia como para detectar alguna diferencia con el tratamiento, en este caso electroestimulación.

Considerando los resultados obtenidos tanto microscópicos como macroscópicos, resulta factible postular que la electroestimulación a una dosis de 0.6 Coulombs/cm² favorece el proceso de cicatrización de colgajos musculocutáneos isquémicos en ratas, con lo que se obtiene una mejor imagen cicatrizal. Sin embargo, la mayoría de los autores coincide en que una buena cicatrización depende de un adecuado flujo sanguíneo al área (2,3,6,9,24,25), y en este sentido los resultados obtenidos no pueden considerarse concluyentes dado que no se pudo evaluar la vascularización por completo, ya que en un principio se pretendía valorarla a partir del diámetro y número de vasos sanguíneos presentes por unidad de superficie, lo cual se dificultó debido a que en algunos casos no se encontraron vasos sanguíneos aparentes pero a su vez mostraron colágena abundante y un aspecto semejante a la piel normal. No obstante, en el día 7 la vascularidad presentó una diferencia significativa favorable al grupo control y este resultado no concuerda con la relación vascularización-reparación de herida propuesta por algunos autores (3,9,24,25). Una explicación posible a lo antes mencionado, es la aparición de cambios vasculares mas tempranos y una organización mas rápida del proceso de reparación en el grupo experimental, ya que la diferencia en la densidad de colágena fué muy significativa tanto en el día 7 como en el día 15.

Si se considera que la colágena constituye el 75% de la piel y que es necesario el aporte de nutrientes para la síntesis de este glucosaminoglucano, se puede especular que la electroestimulación favorece la síntesis de colágena y que quizá su proliferación

se debe a la disponibilidad de aminoácidos, azúcares y enzimas en el sitio, para que los fibroblastos la produzcan. En este sentido, resulta congruente la explicación de que hubo un mejor aporte sanguíneo al área en el grupo electroestimulado y que la reparación exitosa de una herida no se debe exclusivamente al número de vasos sanguíneos por unidad de superficie, sino a la aporte estratégico de elementos nutricios y celulares que favorecen los procesos de síntesis.

Considerando este panorama y en virtud de los resultados obtenidos en este trabajo, es prudente sugerir que se lleven a cabo pruebas clínicas para desafiar esta metodología a mayor escala y evaluar si es aplicable en especies domésticas e incluso en el hombre.

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., 18: 27-31 (1985).
- 2) Banks, W.J.: Histología veterinaria aplicada. Manual Moderno, México, D.F., 1986.
- 3) Barber, S. M.: How to help wound healing. Veterinary Symposium 27th Annual ACVS Scientific Meeting. San Francisco, California, 1991: 179-181. The American College of Veterinary Surgeons, San Francisco, Cal. (1991).
- 4) Casaubón, T. y Sumano, L.H.: Efecto de la electroestimulación sobre heridas que cicatrizan por segunda intención en rats. Vet. Méx., XXII: 284-289 (1991).
- 5) Gibson, K. L. and Dean, P. W.: Using a transposition flap in the resection of a large facial tumor. Vet. Med., 86: 1100-1103 (1991).
- 6) Gourley, I.M. and Vasseur, P.B.: General small animal surgery. J.B. Lippincott Company, Philadelphia, 1985.
- 7) Holt, D. R., Kirk, S. J., Regan, M. C., Hurson, M., Lindblad, W. J. and Barbul, A.: Effect of age on wound healing in healthy human beings. Surg., 112: 293-298 (1992).
- 8) Howard, D. R., Lammerding, J. J. and Bloomberg, M. S.: Principles of pedicle flaps and grafting techniques. J. Am. Anim. Hosp. Assoc., 12: 573-575 (1976).
- 9) Hunt, T.K.: Cicatrización e infección de las heridas. Manual Moderno, México, D.F., 1983.
- 10) Jansen, G., Lundeberg, T., Samuelson, U. E. and Thomas, M.: Increased survival of ischaemic musculocutaneous flaps in rats after acupuncture. Acta Physiol. Scand., 135: 555-558 (1989).
- 11) Johnston, D. E.: The repair of skin loss on the foot by means of a double-pedicle abdominal flap. J. A. Anim. Hosp. Assoc., 12: 593-596 (1976).
- 12) Leivovich, S.J., and Ross, R.: A macrophage-dependent factor that stimulates the

- proliferation of fibroblasts in vitro. Am. J. Pathol., 84: 501-513 (1976).
- 13) McDonell, K. and Menton, D.N.: Electrical stimulation effects on cutaneous wound healing in rabbits. Phys. Ther., 68: 955-960 (1988).
 - 14) Pavletic, M. M.: Canine axial pattern flaps, using the omocervical, thoracodorsal and deep circumflex iliac direct cutaneous arteries. Am. J. Vet. Res., 42: 391-406 (1981).
 - 15) Pavletic, M. M.: Caudal superficial epigastric arterial pedicle grafts in the dog. Vet. Surg., 9: 103-107 (1980).
 - 16) Pavletic, M. M.: Local skin flaps in small animals. Veterinary Symposium 27th Annual ACVS Scientific Meeting. San Francisco, California, 1991: 152-154. The American College of Veterinary Surgeons, San Francisco, Cal. (1991).
 - 17) Pavletic, M. M.: Misapplication of subcutaneous pedicle flaps in the dog. Vet. Surg., 11: 18-22 (1982).
 - 18) Pavletic, M. M.: Vascular supply to the skin of the dog: a review. Vet. Surg., 9: 77-80 (1980).
 - 19) Quirina, A. y Vildik, A.: Isquemia in wound healing II: design of flap model-biomechanical properties. Scand. J. Plast. Reconstr. Surg., 26: 133-139 (1992).
 - 20) Reich, J.D., Tarjan, P.P.: Electrical stimulation of skin. Int. J. Dermatol., 29: 395-401 (1990).
 - 21) Remedios, A. M.: Cutaneous axial pattern skin flaps. Veterinary Symposium 28th Annual ACVS Scientific Meeting. San Francisco, California, 1993: 550-552. The American College of Veterinary Surgeons, San Francisco, Cal. (1993).
 - 22) Schumacher, J.: Initial assesment and management of wounds. Veterinary Symposium 28th Annual ACVS Scientific Meeting. San Francisco, California, 1993: 533-535. The American College of Veterinary Surgeons, San Francisco, Cal. (1993).
 - 23) Sin, Y.M., Sedgewick, A.D., Mackay, A.R., Bates, M.B. and Willoughby, D.A.: Effect of electric acupuncture stimulation on acute inflammation. Am. J. Acupunct., 11: 359-362 (1983).
 - 24) Slatter, D. H.: Texto de cirugía de los pequeños animales. Salvat Editores, Barcelona, 1989.
 - 25) Slauson, D.O.: Mechanisms of disease. 2ned. Williams and Wilkins, London, 1990.

- 26) Stromberg, B.V.: Effects of electrical currents on wound contraction. Ann. Plast. Surg., 21: 122-124 (1988).
- 27) Swaim, S. F.: A "walking" suture technique for closure of large skin defects in the dog and cat. J. Am. Anim. Hosp. Assoc., 12: 597-599 (1976).
- 28) Swaim, S. F., Bushby, P. A.: Principles of bipedicle tube grafting in the dog. J. Am. Anim. Hosp. Assoc., 12: 600-603 (1976).
- 29) Vig, M. M.: Management of integumentary wounds of extremities in dogs: an experimental study. J. Am. Anim. Hosp. Assoc., 21: 187-192 (1985).
- 30) Wolarsky, E. and Prudden, M.D.: A new method of wound tensiometry. Archs. Surg. Chicago, 85: 404-409 (1962).
- 31) Yen-Patton, A., Patton, W. F., Beer, D. M. and Jacobson, B. S.: Endothelial cell response to pulsed electromagnetic fields: stimulation of growth rate and angiogenesis in vitro. J. Cell Phys., 134: 37-46 (1988).
- 32) Yturraspe, D.J., Creed, J. E. and Schwach, R. P.: Thoracic pedicle skin flap for repair of lower limb wounds in dogs and cats. J. Am. Anim. Hosp. Assoc., 12: 581-587 (1976).

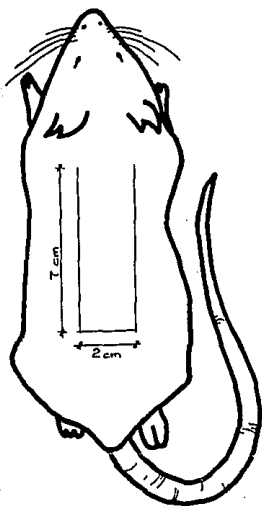


Figura No. 1. Esquema del colgajo musculocutáneo, de acuerdo con el modelo establecido por Kjartansson et al.

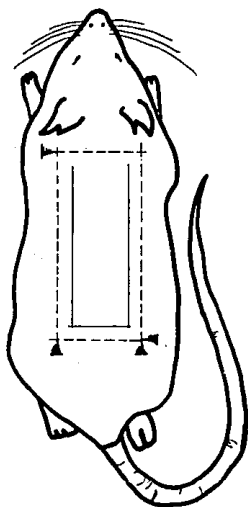


Figura No. 2. Esquema del acomodo de los electrodos subcutáneos, de acuerdo con lo sugerido por Casaubón y Sumano.

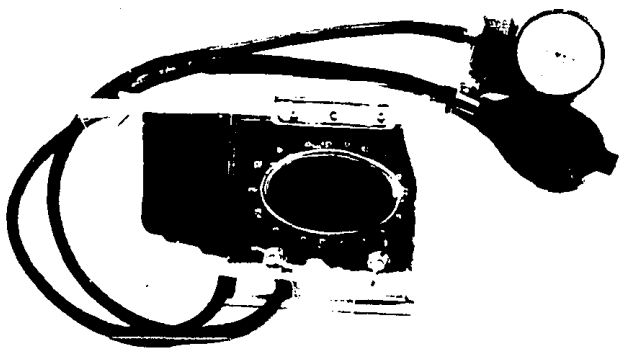


Figura No. 3. Ilustración del aparato (Tensómetro)
utilizado para medir la resistencia a la
fuerza de tensión de las heridas de los
colgajos cutáneos.

Figura No. 4.
 Colgajo cutáneo control a los 7 días.
 Ausencia de epidermis, colágena (C)
 desorganizada y escasa. Tricom.
 Masson y H-E 10X.

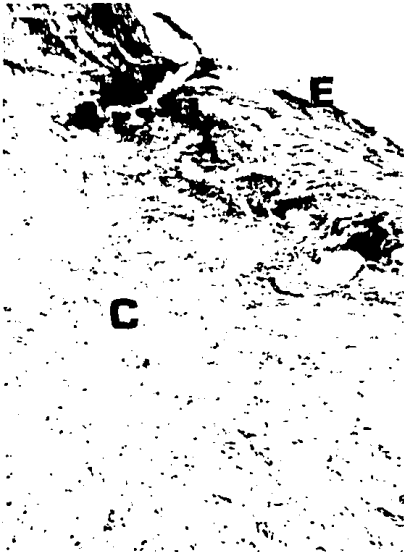


Figura No. 5.
 Colgajo cutáneo experimental a los 7
 días. Epidermis delgada (E) y las fibras
 de colágena (C) inician su organización.
 Presencia de linfocitos (L). Tricrom.
 Masson y H-E 10X.

Figura No. 6.

Colgajo cutáneo control a los 15 días.
Escasa epidermis (E), folículo piloso
(P), colágena (C) desorganizada y
escasa. Tricrom. Masson y H-E 10X.



Figura No. 7.

Colgajo cutáneo experimental a los
15 días. Epidermis continua y gruesa
(E), presencia de glándulas (G) y
folículos pilosos (P); fibras de
colágena (C) organizadas. Apariencia
de regeneración. Tricrom. Masson y
H-E 10X.

CUADRO 1

Evaluación histopatológica de la cicatrización de los colgajos musculocutáneos
 controles a los 7 días.

No. ANIMAL	NEUTROFILOS	LINFOCITOS	MACROFAGOS	VASCU- LARIDAD	COLAGE- NIZACION	ASPECTO GENERAL
1	+++	+++	+	++	++	+
2	+	+++	+++	+++	+++	+
3	+	++	+++	+++	++	++
4	+	+++	++	+++	+	+
5	+++	+++	++	+++	++	+
6	+++	+++	++	+++	++	+
7	+++	+++	++	++	++	+
8	+++	+++	++	++	++	+
9	++	+++	++	+	++	+
10	++	+++	++	+++	++	+

CUADRO 2

Evaluación histopatológica de la cicatrización de los colgajos musculocutáneos
 experimentales a los 7 días.

No. ANIMAL	NEUTROFILOS	LINFOCITOS	MACROFAGOS	VASCU- LARIDAD	COLAGE- NIZACION	ASPECTO GENERAL
1	+++	++	++	+	++	+
2	+	+++	+	+	+++	+++
3	+	+++	+	+	++	++
4	+	+++	+	++	++	+
5	+	+++	+	+++	+++	+++
6	+	++	+	++	+++	+++
7	+++	++	+	++	++	+
8	-	-	-	+	+++	++
9	+	++	+	+	+++	++
10	+	+++	+	++	+++	+++

+ ESCASO/MALO

++ REGULAR

+++ ABUNDANTE/BUENO

CUADRO 3

Evaluación histopatológica de la cicatrización de los colgajos musculocutáneos
 controles a los 15 días.

No. ANIMAL	NEUTROFILOS	LINFOCITOS	MACROFAGOS	VASCULARIDAD	COLAGENIZACION	ASPECTO GENERAL
1	+++	+	++	+++	+	+
2	++	++	+++	+++	++	+
3	++	++	++	+++	+++	+++
4	+++	++	++	+++	+	+
5	+++	+	++	+	++	+
6	++	+++	+	+	+	+
7	+	++	++	++	++	+++
8	++	+++	+++	++	+	+
9	-	+++	++	+++	++	++
10	+	++	-	++	++	+

CUADRO 4

Evaluación histopatológica de la cicatrización de los colgajos musculocutáneos
 experimentales a los 15 días.

No. ANIMAL	NEUTROFILOS	LINFOCITOS	MACROFAGOS	VASCULARIDAD	COLAGENIZACION	ASPECTO GENERAL
1	++	++	+	+++	+++	++
2	+	+++	+++	+++	+	+
3	+	+++	+++	+++	++	+
4	+++	++	+	++	+++	+++
5	++	+++	+	++	+++	+++
6	+++	+	+	+	+++	+++
7	+++	+	++	++	+++	+++
8	+++	+	++	+	+++	+++
9	+++	+	++	+	+++	+++
10	+++	+	++	++	+++	+++

+ ESCASO/MALO

++ REGULAR

+++ ABUNDANTE/BUENO

CUADRO 5

Análisis estadístico de los datos histopatológicos obtenidos a los 7 días para los grupos C y E, utilizando el método de Kruskal-Wallis.

	NEUTROFILOS	LINFOCITOS	MACROFAGOS	VASCULARIDAD	COLAGENIZACION	ASPECTO GENERAL
Ji cuadrada	4.1172383	3.7355558	11.834758	5.9762488	5.6078923	7.6000000
P	0.0424483	0.0532859	0.0006473	0.0144998	0.0178817	0.0058368

* Valor de tablas para la distribución Ji cuadrada con un nivel de significancia de 0,05 corresponde a 3,841

@ Diferencias significativas a favor del grupo C

& Diferencias significativas a favor del grupo E

CUADRO 6

Análisis estadístico de los datos histopatológicos obtenidos a los 15 días para los grupos C y E, utilizando el método de Kruskal-Wallis.

	NEUTROFILOS	LINFOCITOS	MACROFAGOS	VASCULARIDAD	COLAGENIZACION	ASPECTO GENERAL
Ji cuadrada	1.4678112	0.708284	0.2410573	0.7161538	7.8319481	5.2777778
P	0.2258913	0.400014	0.6234435	0.3974084	0.005133	0.0215992

* Valor de tablas para la distribución Ji cuadrada con un nivel de significancia de 0,05 corresponde a 3,841

& Diferencias significativas a favor del grupo E

CUADRO 7

Valores tensiométricos obtenidos a los 15 días del experimento.

No. ANIMAL	GRUPO C (mm Hg)	GRUPO E (mm Hg)
1	230	300
2	300	150
3	300	300
4	170	230
5	300	300
6	270	210
7	300	250
8	200	270
9	270	290
10	210	300

CUADRO 8

Análisis estadístico de los datos tensiométricos para los grupos C y E, utilizando el método de Análisis de varianza.

F	0.0506187
P	0.824546

* El valor crítico de la distribución F corresponde a 4.41