

## LA IMPLANTACION DEL NERVIO CUBITAL EN EL MUSCULO EXTENSOR DIGITAL COMUN COMO TRATAMIENTO DE LA PARALISIS RADIALMOTORA EN EL PERRO

**Autores:** Jesús Usón Casaus  
Luis J. Ezquerro  
Miguel A. Vives  
Javier Hernández  
Raúl Gil  
Antonio Gázquez  
Jesús Usón Gargallo

**Palabras Clave:** Implantación Nerviosa  
Parálisis Radial Motora  
neurotización Directa  
Especie Canina

**Dirección:** Departamento de Medicina y Sanidad Animal  
Facultad de VETERINARIA de la Unex  
Carretera de Trujillo s/n 10071 CACERES

### INTRODUCCION

En el inicio de nuestra línea de investigación, nos llamó la atención el que distintos autores no dieran importancia a la parálisis baja del nervio radial, ya que el déficit motor se compensaba fácilmente [1] no mereciendo la pena el establecer medidas terapéuticas. Sin embargo otros investigadores manifiestan la necesidad de instaurar tratamientos para resolver tanto el déficit motor como el sensitivo [2].

En este sentido, pretendemos confirmar el interés de tratar mediante técnicas quirúrgicas reparadoras este tipo de parálisis. Vamos a estudiar la implantación del nervio cubital, no teniendo en cuenta métodos paliativos como la transposición tendinosa y la artrodesis radiocarpal, donde la efectividad es dudosa.

La reinervación o neurotización de la musculatura paralizada puede ser efectuada por diversas fuentes [3], así hablamos de neurotización muscular si las terminaciones nerviosas formadas provienen de los músculos adyacentes y de neurotización nerviosa si las placas motoras provienen de fibras nerviosas.

La introducción de un nervio periférico directamente sobre la superficie de un músculo paralizado, con el fin de reinervar a éste se define como implantación nerviosa o neurotización muscular directa[4].

Tras las aplicaciones clínicas de VON HACKER en 1908 [5], implantando un nervio motor en zonas distintas del hilio neuromuscular, demostró por una parte que la reinervación con esta técnica era posible (se apreciaban abundantes fibras nerviosas) y por otra parte que la implantación se podía realizar en puntos distintos de las zonas prescritas.

Son diversos los trabajos encaminados desde 1915 a aclarar si tras la implantación se establecen placas motoras tanto en el músculo normalmente inervado (Hiperneurotización muscular) [6], como en el músculo paralizado [7], [8], [9], [10]. Otros autores [11] repitiendo experiencias similares, observan en los músculos sanos la existencia a partir del nervio implantado de fibras nerviosas amielínicas, pero que no establecen conexiones mioneurales a diferencia del músculo paralizado en el que a partir del quinto día ya se forman placas, aunque inmaduras, estableciendo así que es necesaria la interrupción de la actividad muscular para el restablecimiento de sinapsis, hecho que será confirmado posteriormente [12].

Aunque los cambios producidos en el músculo desnervado, estimulan la gemación terminal, la naturaleza exacta del estímulo permanece desconocida, por otra parte la gemación no se produce en músculos normalmente inervados. Entre las posibles causas se plantea la presencia de algún agente inhibidor de la gemación en el

músculo activo o bien a modificaciones en la superficie muscular que estimularía el crecimiento nervioso [13].

Con el inicio en la aplicación de técnicas microquirúrgicas BRUNELLI [14] implanta el nervio peroneo en el músculo gastrocnemio paralizado concretamente fuera de la zona neural [15], puesto que si se forman placas motoras, éstas provienen indefectiblemente del nervio implantado. La técnica quirúrgica consistió en realizar una incisión en el músculo e introducir dentro del nervio motor, fijándolo mediante dos puntos epineuro-musculares. Los resultados obtenidos a los nueve meses fueron buenos, tanto histológica como funcionalmente.

Posteriormente esta técnica sufrió modificaciones [16], al separar los distintos fascículos que componen el nervio, implantándolos mediante un punto perineuro-muscular en distintas direcciones para que al progresar alcancen a más fibras musculares.

Gracias a la transposición de un nervio es posible una buena neurotización en áreas musculoesqueléticas desnervadas [17] logrando una buena recuperación funcional en la aplicación de casos clínicos y unos buenos resultados histológicos pues las uniones neuromusculares tienen un aspecto muy similar a las originales, madurando con el tiempo [18].

Respecto a que tipo de reinervación proporciona mejores resultados en la reinervación de extremidades, algunos autores [19] opinan que el grado de neurotización obtenido tanto con neuroanastomosis como con implantación nerviosa es superior al obtenido con la transposición muscular.

## MATERIAL Y METODO

En el presente estudio experimental, se utilizaron 15 animales de la especie canina, distribuidos en dos grupos experimentales.

Mediante la neurectomía de la rama profunda o motora del nervio radial, según la técnica descrita por EZQUERRA [21], provocamos el déficit motor únicamente en la extremidad izquierda permaneciendo la derecha como testigo.

Esperamos dos semanas como tiempo de predesnervación antes de aplicar los distintos tramientos quirúrgicos, para que los músculos alcanzaran el estado plástico [20].

En el grupo primero (G.I.), formado por diez perros planteamos la implan-

tación del nervio cubital en el vientre del músculo extensor digital común paralizado. El segundo grupo (G.II.) que consta de 5 perros, no recibió ningún tratamiento tras la neurectomía, manteniéndose la extremidad paralizada durante todo el tiempo de experimentación, era obviamente un grupo control.

A los 130 días de la neurectomía motora, procedimos a la obtención de los resultados, observando las manifestaciones clínicas, mensurando el peso y el área de sección muscular así como su aspecto externo y posteriormente se tomaron las biopsias necesarias para evaluar el grado de reinervación muscular con técnicas estructurales, ultraestructurales y morfométricas.

## TECNICAS QUIRURGICAS

### 1. NEURECTOMIA RADIAL MOTORA

Para la realización de la neurectomía selectiva motora seguimos la técnica descrita por EZQUERRA en 1986 (2). Tras preparar el campo quirúrgico de la forma habitual, realizamos una incisión de unos 5 cm. en sentido próximo-distal, justamente encima del tercio distal del húmero y paralela al borde craneal de la cabeza lateral del tríceps braquial. Posteriormente diseccionamos el rafe de unión de los músculos tríceps y braquial anterior. Una vez separados estos músculos, hallamos el nervio radial, que liberamos de las estructuras adyacentes a nivel de su división en rama superficial y profunda.

Tras identificar la rama profunda o motora resecamos una porción de un centímetro aprox (Fig. I). Realizada la neurectomía procedimos a la síntesis quirúrgica según los distintos planos

### 2. IMPLANTACION DEL NERVIO CUBITAL

La incisión cutánea que realizamos sobre la cara lateral del antebrazo a nivel de la musculatura extensora, tiene forma de «L» invertida (FIG. II.). Para localizar el nervio cubital, separamos mediante disección roma los músculos flexor digital profundo y la cabeza humeral del flexor carpocubital, puesto que camina entre ambos. Lo diseccionamos a lo largo de su recorrido y antes de seccionarlo en su extremo distal, calculamos la longitud que debía tener para llegar al músculo

paralizado sin tensión alguna (FIG. III.). Para proteger al nervio en su trayecto, seccionamos unos tres cm. aprox. de los músculos extensor digital lateral y carpocubital.

A continuación realizamos una pequeña incisión sobre el vientre del músculo extensor digital común, para poder alojar al nervio cubital y fijamos ambas estructuras mediante 2 o 3 puntos epineuro-musculares con nilón monofilamento de 10/0 (FIG. IV.). Mediante un repliegue muscular creamos un bolsillo protector que englobaba y protegía la zona de implatación. Terminamos la intervención suturando la herida según los distintos planos quirúrgicos.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos podemos agruparlos en tres grandes apartados:

A.- Manifestaciones clínicas donde observamos la sintomatología presente.

B.- Resultados macroscópicos donde estudiamos el peso del músculo, su área de sección y su aspecto externo comparándolos con su homónimo contralateral sano.

C.- Resultados microscópicos donde se contemplan estudios estructurales, ultraestructurales y de morfometría celular.

### A) Manifestaciones clínicas

Tras realizar la neurectomía motora todos los animales mostraron la sintomatología típica de la parálisis radial, apoyando la extremidad sobre el dorso de metacarpo y dedos. A partir de la segunda semana todos los animales aprendieron a compensarla gracias a una enérgica flexión del codo que conducía a una extensión pasiva del carpo y dedos.

Tras el segundo día de la neurectomía, aparecieron en el 68% de los animales unas pequeñas lesiones cutáneas localizadas en la cara dorsomedial del 3º dedo o en el pliegue interdigital del segundo y tercer dedo, que desaparecían a los pocos días de su formación.

### B) Resultados macroscópicos

#### B.1.- Peso muscular.

Los músculos sufrieron una pérdida media de peso del 15,55% para el primer grupo, y en el grupo segundo el porcentaje de pérdida aumento al 30,22%. (FIG. V). De la comparación

de las medias con la «t» de Student obtuvimos diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

#### B.2.- Área de sección muscular

Los porcentajes de pérdida de este parámetro fueron los siguientes. En el grupo primero representó el 17,08%, mientras que en el grupo segundo fue del 31,08% (FIG. V). Igualmente aparecieron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

#### B.3.- Aspecto externo

Los músculos del grupo primero presentaron ligerísimas diferencias en el tamaño y coloración respecto a sus homónimos contralaterales (FIG. VI), mientras que los músculos del grupo segundo se mostraron más pálidos y disminuidos de tamaño.

### C) Resultados microscópicos

Con la técnica de Hematoxilina-Eosina encontramos que en las preparaciones de los músculos del grupo primero (FIG. VIII), se aprecian miocitos con características normales, aunque dispersas o en pequeños fascículos aparecieron células con signos degenerativos como homogeneización del citoplasma, ausencia de campos de COHNHEIM y centralización nuclear. En el grupo segundo, se ven células con aspecto triangulado de forma generalizada así como focos de células con fenómenos de balonización celular.

Ultraestructuralmente, no se encontraron alteraciones celulares ni en las miofibrillas de ninguno de los dos grupos (FIG. VIII) ni en el nervio cubital implantado. (FIG. IX)

### D) Resultados de morfometría celular

En todos los grupos, los estudios de morfometría, se realizaron sobre una muestra de 800 células musculares. A partir de los miocitos del músculo extensor digital común de la extremidad sana, creamos el grupo control.

Los valores medios para el «área celular» en los distintos grupos, fueron los siguientes:

\* Grupo primero:  $1226,11 \mu^2$

\* Grupo segundo:  $863,31 \mu^2$

\* Grupo control:  $1460,18 \mu$

Tras comparar las medidas de los grupos 1 y 2 con el grupo control, obtuvimos los porcentajes de pérdida del área celular. (FIG. X). Estadísticamente («t» de Student), obtuvimos

diferencias altamente significativas ( $p < 0,001$ ) al comparar ambos grupos (primero y segundo).

Respecto al porcentaje de "fibra muscular por campo del analizador de imágenes" (%FM/C), en donde analizamos el porcentaje medio de ocupación de las fibras musculares respecto a la superficie de la pantalla del ordenador (al multiplicar el n° medio de células por campo por su superficie media), obtuvimos los siguientes resultados:

\* Grupo primero: 78,92%

\* Grupo segundo: 56,73%

\* Grupo tercero: 83,20%

Tras establecer comparación de los dos grupos experimentales con el grupo control, obtuvimos los porcentajes de pérdida de %FM/C (FIG. X).

En todos los casos estudiados de media de diámetro menor de los miocitos estuvo comprendido entre las  $30\mu$  y  $50\mu$ , con un coeficiente de variación menor al 25%, lo que indica que las secciones celulares no eran oblicuas [21].

## DISCUSION

Tras realizar el estudio comparativo de las manifestaciones clínicas, pudimos ver que coinciden con lo expuesto por otros autores [1] cuando comentan que en la parálisis radial baja el animal apoya sobre el dorso de las falanges o sobre las uñas de la extremidad afectada sin producirse el descenso del codo. Igualmente observamos que todos los animales aprendieron a compensar el déficit motor desde las primeras semanas [22].

Respecto a las lesiones cutáneas que aparecieron en el 68% de los casos, desconocemos su etiología, puesto que nosotros sólo realizamos la neurectomía sobre la rama motora, no tocando en absoluto las ramas sensitivas. No obstante creemos que no se debe al déficit motor puesto que las lesiones aparecían siempre en el mismo lugar y no en zonas más fácilmente traumatizables como las articulaciones interfalángicas. Por otra parte presentaron las mismas características en cuanto a morfología y evolución. Dentro de nuestra línea de investigación EZQUERRA [23] llegó a resultados concluyentes al respecto.

En lo que se refiere al peso y al área muscular cuando comparamos los resultados entre los grupos primero y

segundo, los porcentajes de pérdida aumentaron considerablemente en el grupo segundo, como era de esperar, por otra parte, apareciendo diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) tras la comparación estadística.

Respecto a la implantación nerviosa, autores como FREY [19] y GUTMANN [24] obtienen un 10% de hipertrofia muscular, atribuyéndolo a un incremento en la cantidad de tejido adiposo y conectivo. En nuestro trabajo, a excepción de uno de los animales experimentales que presentó un aumento de peso del 6,1%, no apareció este fenómeno. Ciertamente sí se ha podido constatar la presencia de aumento de tejidos no contráctiles, pero no podemos hablar de hipertrofia.

No obstante otros autores como SEGAL [25], describen valores mucho mayores que los nuestros, obteniendo hasta el 33% de pérdida para el peso y el 46% para el área.

Los porcentajes obtenidos con la implantación cubital, hubieran disminuido hasta el 11,85% para el peso y el 13,90% para el área, si no se hubiera tenido en cuenta los datos proporcionados por uno de los animales, el cual presentó un neuroma en el punto de implantación. No obstante esta disminución de los porcentajes no hubiera supuesto un cambio en el grado de significación estadística.

Respecto al aspecto externo, el grupo primero no presentó diferencias con sus homólogos contralaterales, pero sí que fueron manifiestas en el caso del grupo segundo, en el que los músculos desnervados presentaron marcadas diferencias en el color y tamaño.

Estructuralmente y con la técnica de hematoxilina eosina, en las imágenes obtenidas en el grupo primero, se aprecian miocitos con características normales y algunos fascículos o bien alguna célula dispersa con homogeneización citoplasmática, ausencia de campos de COHNEIM y centralización nuclear, aunque siempre dentro de los porcentajes normales (menor del 2%) a diferencia de FREY [19].

Ultraestructuralmente no se encontraron alteraciones en ninguno de los grupos, coincidiendo con BRUNELLI [16] cuando afirma que tras la implantación aparecen zonas con buen trofismo muscular y aspecto fisiológico.

Tras los estudios de morfometría y concretamente del área celular pudimos constatar que las medidas obteni-

das en el grupo primero eran muy similares y a su vez próximas a las del grupo control, lo que no podemos decir del grupo segundo, que se situaba muy lejos del grupo control.

La medida del área celular, nos da una idea del tamaño de la célula, deduciendo de ahí que el grado de reinervación obtenido en el grupo primero es muy lejano al del grupo segundo donde no aplicamos ningún tratamiento quirúrgico (dejando el músculo desnervado a lo largo del periodo de supervivencia). Estadísticamente las diferencias fueron altamente significativas ( $p < 0.001$ ) entre los grupos primero y segundo.

Al igual que el parámetro anterior, el porcentaje de fibra muscular/campo (%FM/C) nos indicó el grado de atrofia de los distintos músculos. Las diferencias obtenidas para este parámetro entre el grupo primero y el grupo control fueron pequeñas, mediando entre ellos aproximadamente un 4% escaso. Los porcentajes obtenidos en el grupo segundo se alejaron bastante de los obtenidos tanto en el grupo control como en el grupo primero, descendiendo hasta un 56,73%.

Con los parámetros morfométricos, podemos valorar indirectamente el grado de reinervación de los músculos paralizados y vemos que el grado de neurotización obtenido en el grupo sometido a tratamiento es muy superior al obtenido en el grupo donde el músculo estuvo paralizado a lo largo de todo el periodo de supervivencia, por lo que es obvio que el tratamiento ha sido efectivo, y pensamos que con un tiempo de supervivencia mayor estos hubieran mejorado, situándose más próximos a los valores obtenidos en los músculos testigo.

Los resultados morfométricos e histológicos se complementaron con las macroscópicas observándose un paralelismo entre ellos por lo que coincidimos con SMETANA y HANINEK [26] al afirmar la complementariedad de los estudios anteriormente citados.

## CONCLUSIONES

Con la implantación del nervio cubital (neurotización neural) hemos podido apreciar en base a los resultados obtenidos, que el músculo extensor digital común paralizado es reinervado con efectividad, siendo por tanto una técnica eficaz en la resolu-

ción de la parálisis radial baja, y sobre todo en aquellos casos en los que no podemos realizar técnicas como la neuroanastomosis radial o bien hay destrucción del hilo neuromuscular.

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo consiste en medir el grado de reinervación obtenido con la técnica de implantación del nervio cubital, para resolver el déficit motor que se presenta en la parálisis radial baja. Los resultados se valoraron mediante manifestaciones clínicas, morfología externa, estudios estructurales y ultraestructurales, así como de morfometría celular. Los resultados obtenidos fueron buenos.

## SUMMARY

The aim of this experimental model was to assess the level of reinnervation obtained by means of cubital nerve implantation for correcting the lost motor activity which is present in the low radial palsy. The results are valued by means of the clinical findings, external morphology, structural and ultrastructural studies and cellular morphometry. The results obtained was good.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) CLIFFORD, DH; KITEHELL, RL; KNAUFF, DR. (1958): Brachial paralysis in the dog.; *As. J. Vet. Bci.*; 39,49
- (2) EZQUERRA, L.J. (1986): Etiología de las lesiones cutáneas y comparación de dos métodos de reinervación muscular (Transposición muscular y sutura nerviosa) en la parálisis bajo del nervio radial. Estudio experimental en la especie canica. Servicio de publicaciones de la UNEX. Cáceres.
- (3) CARLSON, B.M. (1981): The biology of muscle transplantation. In: *Muscle transplantation*. Freilinger, G; Holle, J; Carlson, B.M. (eds). p3. Springer Verlag, New York.
- (4) BRUNELLI, G; MONINI, L; (1985): Direct muscular neurotisation.; *J. Hand. Surg.* 6:187.
- (5) VON HACKER, L; (1915): Direct and muscular neurotisation of paralyzed muscles; *Am. J. Orthop. Surg.* 13:22
- (6) AITKEN, J.T.; (1950): Growth of nerve implants in voluntary muscle; *J. Anat.* 84:38.
- (7) ELSBERG, C.A.; (1917): Experiments on motor nerve regeneration and the direct

- neurotisation of paralysed muscles by their own and foreign nerves.; *Sci.* 45:318.
- (8) FORT, W.B.; (1940): An experimental study of the factors involved in the establishment of neuromuscular connections.; University of Chicago Libraries. Illinois.
- (9) STEINDLER, A. (1916): Direct neurotisation of paralysed muscles. Further studies of the question of direct nerve implantation.; *Am. J. Orthop. Burg.* 14:707.
- (10) KORNELIUSSEN, H; (1976): Ultrastructure of the new neuromuscular junctions formed during reinnervation of rat soleus muscle by a foreign nerve.; *Cell Tissue Res.* 167:439.
- (11) BIXBY, J.L.; VAN ESSEN, D.C.; (1979): Competition between foreign and original nerves in adult mammalian skeletal muscle.; *Nat.* 282:276.
- (12) BROWN, M.C.; HOLLAND, R.; HOPKINS, W.G.; (1981): Motor nerve sprouting.; *Ann. Rev. Neur.* 4:17.
- (13) BRUNELLI, G; (1976): Neurotisation in an aneural zone of denervated muscle (Experimental study).; *II Policlinico.* 83:611.

- (14) COUTEAUX, R.; (1942): La cholinesterase des plaques motrices après section du nerf moteur.; *Bull. Biol.* 76:14.
- (15) BRUNELLI, G.; BRUNELLI, L.M.; (1980): Direct neurotisation of severely damaged denervated muscles; *Int. Surg.* 6:529.
- (16) RAFFE, M.R.; (1985): Principles of peripheral nerve repair and regeneration. In Newton C.D., Nunamaker D.M. (eds). *Textbook of small animal orthopaedic.* Lippincot. Philadelphia.
- (17) ZSHANG, L.; WEI CHEN, Z.; HAUNG, S.R.; (1986): Experimental study of regeneration of motor end plate. *Microsurgery* 7:14.
- (18) FREY, M.; GRUBER, H.; HOLLE, J. FREILINGER, G.; (1982): An experimental comparison of the different kinds of muscle reinnervation: nerve suture, nerve implantation and muscular neurotisation.; *Plast. Rec. Surg.* 69:656.
- (19) STUDITSKY, A.N.; (1963): Dynamics of the development of myogenic tissue under conditions of explantation and transplantation. In Rose CG (ed). *Cinemicrography In Cell Biologic.* Academy Press. New York.
- (20) SHORES, A.; BRAUND, K.G.; STOCKHAM, S.; SIMPSON, S.T.; (1989): Métodos de diagnóstico en sistema nervioso. En Slatter, DH (ed). *Texto de Cirugía de los Pequeños Animales.* Salvat. Barcelona.
- (21) KNECHT, C.D.; ST CLAIR, L.E.; (1969): The radial brachial paralysis syndrome in the dog.; *Javma* 154:653.
- (22) EZQUERRA, L.J.; USON CASAUS, J.; VIVES, M.A.; et. al.; (1988): Casuística de afecciones del sistema nervioso en animales de la clínica; *Rev. Neosan* 227:117.
- (23) GUTMANN, E.; HANZLIKOVA, V.; (1967): Effects of accessory nerve supply to muscle achieved by implantation into muscle during regeneration of its nerve.; *Fisiol, Bohemoslov.* 16:244.
- (24) SEGAL, S.S.; WHITE, T.P.; FAULKNER, J.A.; (1986): Architecture, composition and contractile properties of rat soleus muscle grafts.; *Am. J. Physiol.* 250:474.
- (25) SMETANA, K.; HAINEC, P.; (1986): A quantitative morphological evaluation of the success of muscle transplantation in the laboratory rat.; *Folia. Morphol.* 34:16.

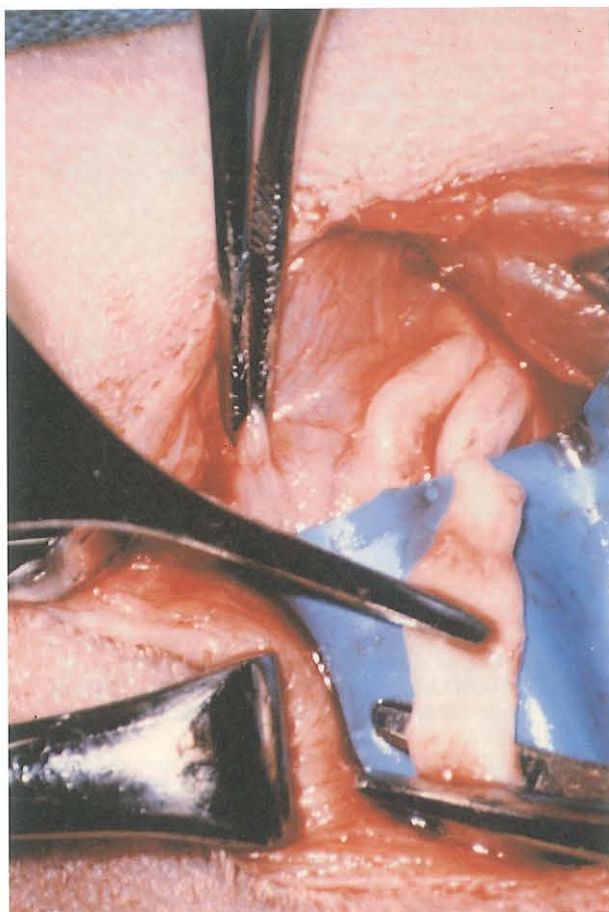
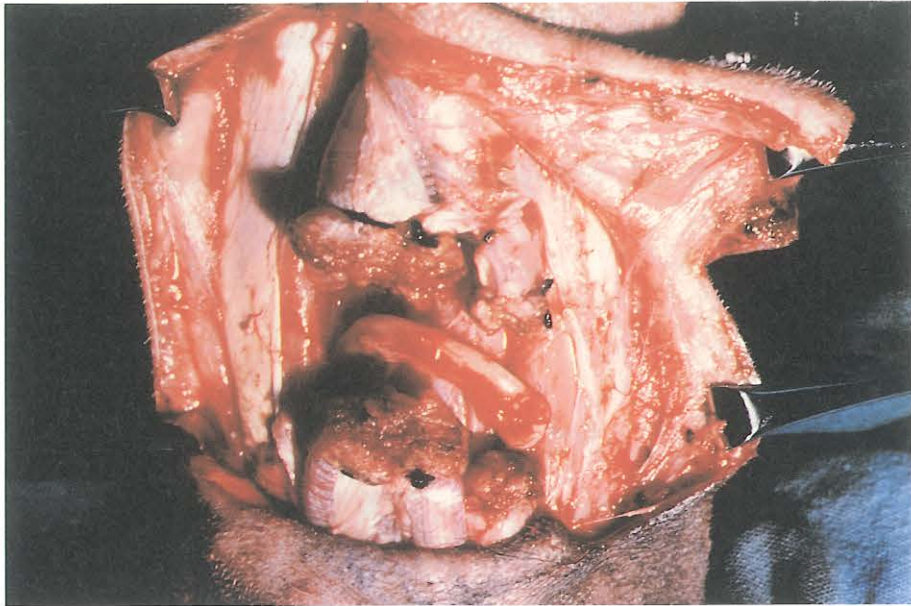


Fig. I: Neurectomía de la rama motora.



**Fig. II:** Incisión en la piel para abordar el nervio cubital y la musculatura paralizada.



**Fig. III:** Resección de los músculos extensor digital lateral y extensor carpocubital y preparación del nervio cubital.



Fig. IV: Implantación del nervio cubital sobre el extensor digital común. Sutura con tres puntos de nilón monofilamento de 10/0.

### % DE PERDIDA DE PESO Y AREA

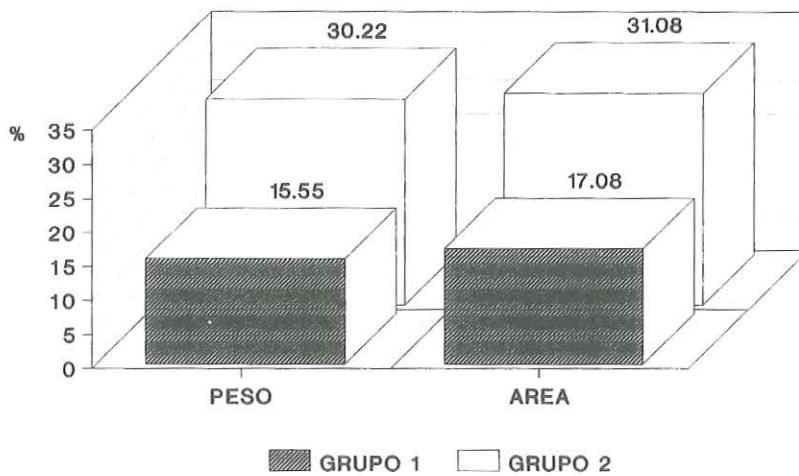


Fig. V:



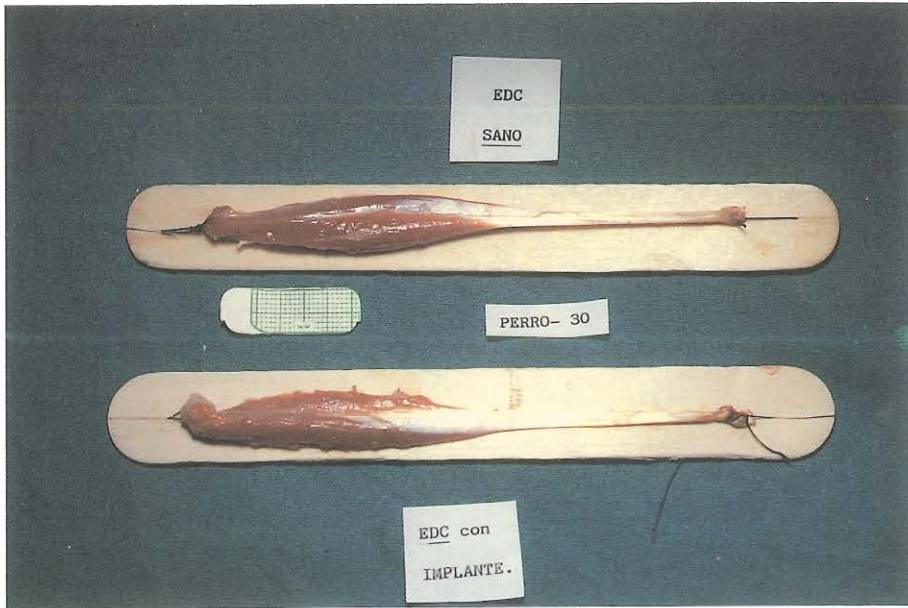


Fig. VI: Aspecto del músculo extensor digital común tratado y del contralateral sano.

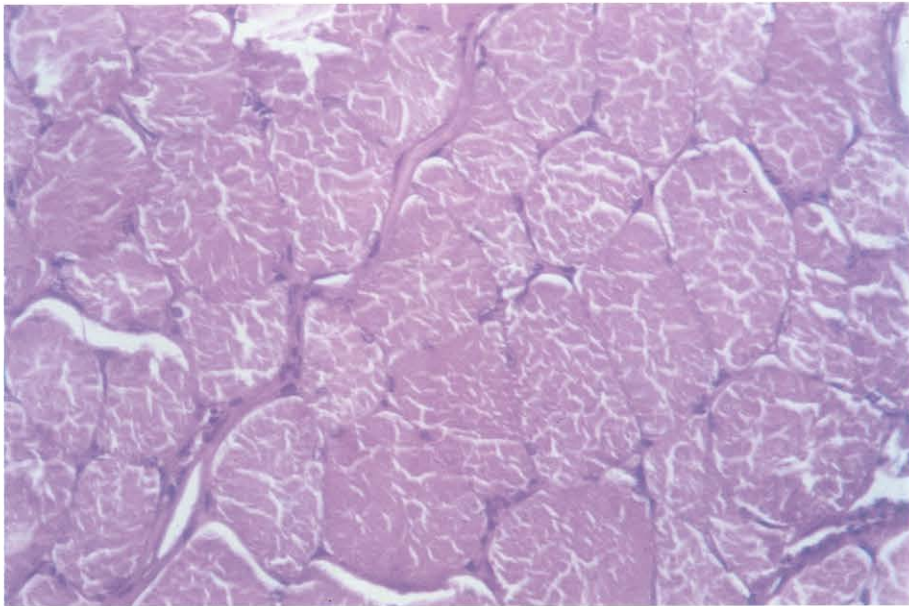


Fig. VII: Aspecto histológico del músculo digital común tratado y del contralateral sano.



Fig. VIII: Ultraestructura normal del músculo en el grupo primero.



Fig. IX: Ultraestructura del nervio cubital implantado. Se ven fibras mielínicas sanas y alguna con alteración en la capa de mielina.

### % DE PERDIDA DE AREA CELULAR Y DE % DE FIBRA MUSCULAR/CAMPO

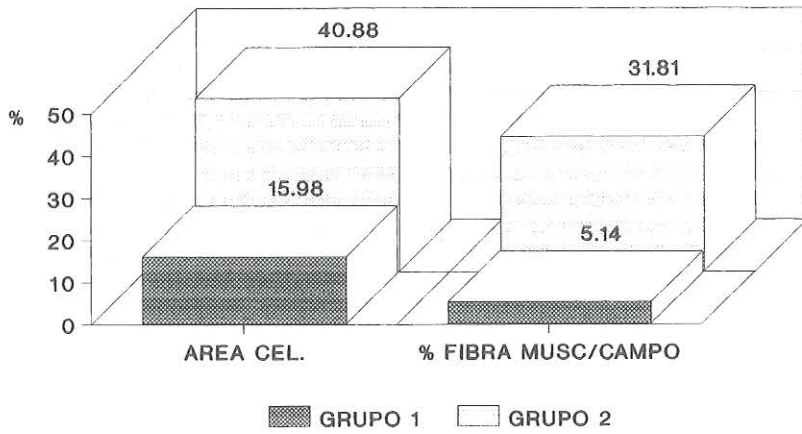


Fig. X: