



ORIGINAL

Reparación de las lesiones nerviosas en el antebrazo con tubo de silicona. Resultados clínicos a largo plazo

C. Puente-Alonso*, J. Pí-Folguera, R. Sánchez-Flo,
A. Berenguer-Sánchez y V. Ros-Munne

Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología, Unidad de Mano y Nervio Periférico,
Consorti Hospitalari Parc Tauli, Sabadell, Barcelona, España

Recibido el 18 de marzo de 2010; aceptado el 3 de noviembre de 2010
Disponible en Internet el 22 de febrero de 2011

PALABRAS CLAVE

Nervio;
Neurotubo;
Reparación nerviosa

Resumen

Objetivo: El objetivo del presente estudio es evaluar los resultados motores y sensitivos obtenidos tras la reparación de los nervios mixtos del antebrazo con tubo de silicona.

Material y métodos: Estudio retrospectivo de 14 pacientes afectos de 16 lesiones de los troncos nerviosos en el antebrazo (7 medianos, 7 cubitales, 1 rama radial sensitiva, 1 rama cutánea dorsal cubital) en los que se realizó neurografía directa con tubo de silicona. En 11 pacientes existieron lesiones asociadas arteriales y tendinosas. Se realizó reparación secundaria en tres casos y primaria en los 13 restantes, dos de ellos durante un reimplante de miembro superior. La valoración se realizó mediante la escala de funcional descrita por Chanson.

Resultados: Con un seguimiento medio de 24 meses y excluyendo dos casos que afectaban únicamente a ramos sensitivos, se obtuvieron un 64% de buenos o muy buenos resultados, 24% de resultados regulares y un caso de mal resultado. En 6 casos se retiró el tubo, por tumoración palpable no dolorosa en la zona de inserción en 4 pacientes, por la existencia de clínica compresiva y por herniación de los extremos nerviosos en el interior del tubo en otro. En todos los casos se pudo comprobar la restitución macroscópica de la estructura nerviosa.

Conclusiones: El uso del tubo de silicona en la reparación de lesiones agudas, subagudas y crónicas de nervios periféricos en el antebrazo parece aportar buenos resultados en la mayoría de los casos, con restauración macroscópica de la anatomía del nervio y restitución de la función.

© 2010 SECOT. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: cpuntealonso@gmail.com (C. Puente-Alonso).

KEYWORDS

Nerve;
Neurotube;
Nerve regeneration

Repair of nerve injuries in the forearm using a silicone tube. Long-term clinical results

Abstract

Objective: The aim of the present study is to evaluate motor and sensory results obtained after reconstruction of peripheral nerve injuries in the forearm, using silicone tubes.

Methods: A series of 16 injuries of forearm nerves (7 median, 7 ulnar, 1 radial sensory branch, 1 dorsal ulnar cutaneous branch) repaired with use of direct neurotaphy through a silicon tube were retrospectively studied. Eleven patients suffered associated arterial and tendinous injuries. Secondary nerve repair was performed in 3 cases and primary repair in 13, two of them in the context of re-implant of the upper limb. The series was evaluated using the functional scale described by Chanson.

Results: At a mean follow-up of 24 months, and having 2 cases excluded due to isolated injury of sensory branches, we obtained a 64% of good or excellent results, 28% of satisfactory results and 1 bad result. The tube was removed in 6 cases; 4 due to palpable painless tumour in the site of insertion, a case with compression symptoms after complete nerve function restoration and another that showed herniation of the stumps. In 5 cases the macroscopic restoration of the nerve was verified at the time of tube removal.

Conclusion: The use of silicone tubes in the reconstruction of acute, subacute and chronic nerve injuries in the forearm seems to give good results in most of the cases, with macroscopic anatomy restitution of the nerve and good functional recovery.

© 2010 SECOT. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

El resultado final de una lesión nerviosa viene determinado por la intensidad del daño celular producido, la edad y capacidad de regeneración del sujeto. Asimismo, la técnica de reparación quirúrgica influye de forma notoria en el resultado final, aunque no siempre garantiza una correcta recuperación neurológica, dado que existen multitud de factores celulares, bioquímicos y genéticos implicados en el proceso de regeneración y reparación nerviosa que difícilmente son controlados por el cirujano.

Existen múltiples técnicas para la reparación de las lesiones de los nervios periféricos. Los resultados de todas ellas han sido ampliamente contrastados con el patrón oro de la reparación nerviosa, la sutura directa término-terminal en el caso de reparaciones primarias¹ o el injerto interfascicular no vascularizado descrito por Millesi en el caso de tratarse de reparaciones secundarias o donde el defecto nervioso sea irreparable por sutura directa².

Con el mejor conocimiento de los fenómenos que ocurren en el seno del nervio durante su proceso de reparación y regeneración, el uso de tubos nerviosos se ha ido popularizando^{3,4}. En este sentido, los primeros intentos de tubulización nerviosa datan de 1909 cuando Wrede utiliza un injerto venoso para la reparación de la lesión del nervio mediano, cubital y antebraquial cutáneo medial con un defecto de 7 cm en un paciente de 27 años. Desde entonces, diversos materiales biológicos o sintéticos han sido utilizados igualmente para tal fin^{5,6}. En 1989 Merle expone su experiencia clínica con la utilización de tubos de silicona para la reparación de tres nervios en el antebrazo⁷. Posteriormente, Lundborg presenta su experiencia con el mismo tipo de tubos en la reparación de troncos nerviosos en el antebrazo así como un estudio prospectivo y comparativo con sutura epineural directa⁸⁻¹⁰. En 1999 Braga da Silva publica

sus resultados con el uso del tubo de silicona en 26 pacientes con lesiones del nervio mediano y/o cubital en el antebrazo, obteniendo mejores resultados con el uso de tubos de silicona en el nervio cubital⁹.

En el presente trabajo se investiga los resultados de una serie de lesiones de los troncos nerviosos en el antebrazo, que fueron tratadas mediante la utilización de tubos de silicona como método de reparación primaria y secundaria.

Material y método

Durante los años 1996 y 2003 han sido tratados en nuestro centro, mediante tubulización directa con tubo de silicona, un total de 14 pacientes afectados de 16 lesiones de troncos nerviosos comprendidos entre los pliegues de flexión del codo y de la muñeca.

La serie consta de 13 hombres y una mujer con una edad media de 32,4 años (rango: 20-59) con lesión en 7 medianos, 7 cubitales, una rama sensitiva del radial y una rama cutánea dorsal del nervio cubital.

En dos casos las lesiones nerviosas se produjeron de forma aislada sin que existieran lesiones vasculares ni tendinosas asociadas. En 11 casos existieron lesiones asociadas en arteria radial (2), arteria cubital (3), tendones flexores (7) y tendones extensores (1). Dos casos de tubulización fueron realizados durante el transcurso de un reimplante de miembro superior.

En 13 casos la reparación se realizó de forma primaria antes de las 24 horas tras producirse la lesión, mientras que en 3 se realizó de forma secundaria a los 2, 3 y 21 meses posteriores a la lesión (tabla 1).

De forma retrospectiva se han analizado los resultados funcionales aplicando la escala propuesta por Chanson¹⁰ que

Tabla 1 Evolución y resultados de las lesiones nerviosas.

Caso	Sexo	Edad	Etiología	Nervio	Sutura	Seguimiento	Chanson		EMG	Ex
							M-S-F	T		
1	H	33	I	C	P	42	4-2-4	10	+	+
2	H	33	I codo	C	P	23	0-0-2			+
3	H	32	I	C	S (2 m)	36	3-3-4	10	+	
4	H	59	R	C	P	10	2-2-2	6		
5	H	45	I	C	P	52	1-1-2	4		
6	D	31	I	M (p)	S (21 m)	17	5-3-3	11		
7	H	20	I	M	P	21	3-3-4	10	+	+
8	H	33	R	M	P	14	1-2-2	5		
9	H	24	I	M	P	13	4-2-4	10	+	
10	H	25	I	R sen	P	9	(5)-4-5	14		
11	H	33	I	M	P	47	3-3-3	9	+	
12	H	33	I	C	P	47	3-3-3	9	+	
13	H	39	I	M	P	34	1-1-2	4		+
14	H	19	I	C	P	18	3-3-4	10		+
15	H	19	I	C sen	P	18	(5)-4-4	13		+
16	H	28	I	C	S (3 m)	17	3-3-4	10		+

C: n. cubital; D: mujer; Ex: exéresis tubo; H: hombre; I: incisa; M: n. mediano; P: sutura primaria; R: reimplante; R: n. radial (ramo sensitivo); S: sutura secundaria.

Tabla 2 Escala de valoración funcional de Chanson.

	Función motora	Función sensitiva	Dolor y funcionalidad
0 puntos	M0, sin contracción	S0, insensibilidad	F0, dolor e incapacidad de realizar ninguna función
1 puntos	M1, contracción leve	S1, sensibilidad protectora, discriminación > 20 mm	F1, dolor y función pobre
2 puntos	M2, movimiento contra gravedad	S2, recuperación parcial, sensibilidad dolorosa, discriminación 15-20 mm	F2, dolor leve y función precaria
3 puntos	M3, movimiento contra resistencia	S3, recuperación parcial, sensibilidad al dolor, discriminación 10-14 mm	F3, dolor esporádico y función pobre
4 puntos	M4, movimientos independientes	S4, sensibilidad táctil, discriminación 9-5 mm	F4, sin dolor y función con problemas ocasionales
5 puntos	M5, recuperación completa	S5, recuperación total, discriminación < 5 mm	F5, función normal

Excelente: de 13 a 15 puntos.

Muy bueno: de 10 a 12 puntos.

Bueno: de 7 a 9 puntos.

Regular: de 4 a 6 puntos.

Pobre: de 1 a 3 puntos.

valora la función motora, sensitiva y funcional de la extremidad lesionada (tabla 2).

No se dispone de seguimiento electromiográfico en todos los casos.

Técnica quirúrgica

El procedimiento y técnica quirúrgica fue similar en todos los casos. Siempre se utilizó profilaxis antibiótica y se soluciona-

ron las lesiones asociadas. En lo que a la reparación nerviosa se refiere, mediante maniobra de Rosset, se procedió a la resección de los extremos nerviosos usando un neurótomo de Weber. A continuación se introducían los cabos en el interior del tubo de tal forma que el defecto entre ambos no excediera nunca los 5 mm de longitud. Para ello, se fijaban los muñones nerviosos a la pared del tubo con puntos polares epineurales (fig. 1).

La medición del diámetro de los extremos nerviosos con el neurótomo permitió escoger el diámetro del tubo de sili-

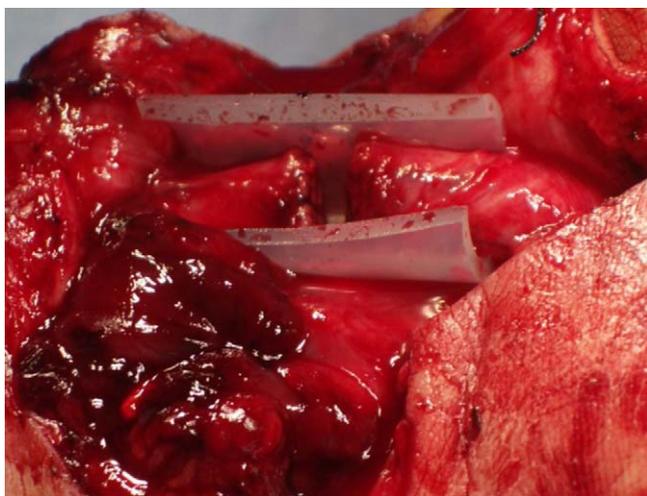


Figura 1 Resección de los extremos nerviosos, afrontamiento y posterior fijación perineural y cierre del tubo.

cona entre los tres disponibles, procurando utilizar aquel cuyo diámetro fuese aproximadamente un 30% superior al del nervio lesionado. Una vez realizada la fijación de los muñones dentro del tubo, se procedió a inyectar en su interior suero salino isotónico con el fin de minimizar la desecación de los mismos.

Tras inmovilización enyesada en posición de flexión media de la muñeca y/o codo por un período de 3 a 4 semanas, se retiraba la inmovilización y se iniciaban los ejercicios de rehabilitación pertinentes en el caso de existir lesiones tendinosas asociadas o la movilización libre de la extremidad en el caso de lesiones nerviosas aisladas.

Resultados

El tiempo medio de seguimiento de los pacientes ha sido de 24 meses (rango: 9-47). Durante este período no se detectaron en ningún caso complicaciones locales ni sistémicas ocasionadas por la silicona. No se evidenciaron tampoco casos con hiperestésias y el signo de Tinel fue negativo en la zona de lesión.

Se realizó la ablación del tubo en 6 pacientes. En 4 de ellos por molestias en la zona de inserción con tumorción subcutánea palpable (2 medianos y 2 cubitales). En un caso (cubital) por persistencia clínica y electromiográfica de un síndrome compresivo tras la recuperación nerviosa que precisó la realización de una exo-endoneurolisis para la resolución del cuadro. En estos 5 casos se pudo comprobar la recuperación anatómica completa de la estructura nerviosa

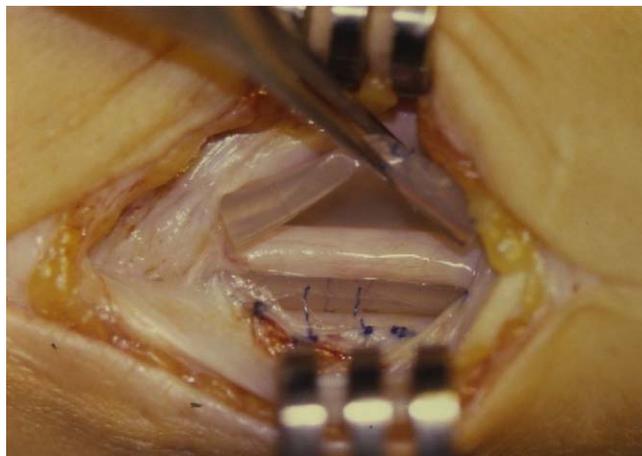


Figura 2 Ablación del tubo de silicona. Regeneración completa de nervio.

(fig. 2). La sexta retirada de tubo correspondió a un caso de lesión del nervio cubital con mala evolución, constatándose durante su revisión la herniación del muñón nervioso proximal del interior del tubo y formación de neuroma que precisó la reparación con injerto interfascicular, siendo este el único mal resultado de la presente serie.

Dos reparaciones nerviosas de mediano y cubital fueron realizadas en el contexto de un reimplante de antebrazo (casos 4 y 8). Pese a que se trata de procedimientos largos, la tubulización de los nervios lesionados acortó el tiempo quirúrgico. A los 10 y 14 meses de seguimiento se apreciaron indicios de recuperación sensitiva y funcional, consiguiéndose al final del seguimiento una puntuación regular según la escala de valoración empleada.

Excluyendo los dos casos de ramas sensitivas en donde la puntuación obtenida es excelente dado que no existe afectación en la función motora, el 64% de los nervios cubitales y medianos reparados mediante tubulización obtuvieron resultados calificados como buenos o muy buenos. El 24% de los mismos consiguieron resultados regulares y sólo el 7% (un caso de lesión del nervio cubital) obtuvo un mal resultado (tablas 1 y 3).

Pese a la asociación de otras lesiones tendinosas y arteriales, así como amputaciones del antebrazo, la función motora y funcional obtenida globalmente ha sido buena. Al final del seguimiento, no se observaron garras irreductibles ni mano plana, consiguiéndose una función aceptable de la musculatura intrínseca de la mano. Sólo un caso (caso 5) precisó de cirugía paliativa por parálisis del *Abductor Digiti Quinti* que se subsanó mediante transposición del *Extensor Digiti Quinti*.

Tabla 3 Resultados finales obtenidos según la valoración por la escala de Chanson.

	Excelente 13 a 15	Muy bueno 10 a 12	Bueno 7 a 9	Regular 4 a 6	Pobre 1 a 3
Cubital (8)		4	1	2	1
Mediano (6)		3	1	2	
Cubital sen (1)	1				
Radial sen (1)	1				

Tabla 4 Factores que influyen en la regeneración nerviosa.

Factores anatómicos
Factores celulares
Supervivencia neuronal
Neurotrofismo y neurotropismo
Lámina basal
Receptores de membrana
Expresividad genética
Integridad órganos terminales
Factores del SNC

Discusión

Con el conocimiento cada vez más preciso de los fenómenos que siguen a la neurotomía, el complejo mecanismo de regeneración de las distintas fibras lesionadas hace que el éxito final dependa de múltiples factores^{3,4,11} (tabla 4).

La compleja estructura funicular del tronco nervioso, sus decusaciones y anastomosis, hacen que una sutura directa sea difícilmente reproducible. La existencia de distintos tipos de fibras nerviosas en el interior de un mismo tronco impide un afrontamiento preciso de las mismas por simple sutura directa.

Una vez producida la neurotmesis se inicia un proceso de reparación de las fibras nerviosas lesionadas que implica tanto cambios en el muñón distal como en el proximal, llegando a interesar la supervivencia del propio cuerpo neuronal localizado en el asta anterior de la médula o en el ganglio raquídeo. La reacción de las células de Schwann, responsable de la eliminación de los detritus celulares, restos de mielina y formación de una nueva lámina basal y vaina de mielina, es fundamental para el crecimiento del frente de regeneración axonal. Del mismo modo, la presencia de otras estirpes celulares como macrófagos, fibroblastos y plaquetas también se ven implicadas en los procesos de regeneración.

La existencia de distintas células encaminadas a la reparación nerviosa va ligada a la presencia de sustancias que favorecerán la misma. Existe una secuencia de actuación de distintos factores neurotróficos y neurotrópicos durante el proceso de reparación. En su conjunto estos factores no sólo favorecen el crecimiento de un frente de regeneración axonal a través de la neurotomía (neurotrofismo), si no que también permiten una reordenación de las fibras y una recanalización específica entre fibras homónimas (neurotropismo).

La existencia de sustancias neuromoduladoras depende de una expresividad genética de las células implicadas en su síntesis. La actuación de estas sustancias además de obedecer a gradientes químicos de concentración, depende de la expresión de receptores de membrana en los lugares específicos para realizar su acción. En el transcurso de los procesos de regeneración nerviosa se demuestra la existencia de altas concentraciones de RNA mensajero.

Todo el proceso de regeneración y recanalización debe realizarse en un espacio de tiempo corto para evitar la atrofia irreversible de los órganos terminales. Incluso una vez los órganos terminales hayan sido reinervados con éxito, se inicia un período de reaprendizaje y reestructuración de las funciones en el SNC.

Con todo ello, la reparación nerviosa mediante el uso de tubos se basa en el concepto de formación de una cámara cerrada entre los extremos nerviosos donde la acumulación de los distintos factores neurotróficos y neurotrópicos favorecerán una mejor regeneración y reparación nerviosa^{4,5,12,13}.

Distintos trabajos experimentales y clínicos han determinado que todo defecto intercalar inferior a 4cm puede ser solucionado con la utilización de tubos donde la formación de la cámara nerviosa puede rellenar el defecto existente¹³⁻¹⁸.

Con el fin de desarrollar un tubo ideal, se han modificado tanto las propiedades físicas y químicas de la pared de los tubos así como el ambiente existente en el interior de los mismos. Los tubos reabsorbibles de colágeno o ácido poliglicólico han demostrado tener menos efectos locales adversos, tales como síndromes compresivos o dolor en la zona de inserción^{15,17,18}. La modificación de las condiciones intraluminales mediante la adición de diferentes factores celulares, matriciales o bioquímicos están creando un injerto nervioso sintético que permite reparar defectos intercalares cada vez mayores^{14,15}.

La secuencia de cambios celulares y bioquímicos que se producen en el tronco nervioso tras la sección hace pensar que la simple sutura microquirúrgica no sea condición suficiente para garantizar el éxito de la reparación nerviosa. En la presente serie el uso de tubos de silicona ha permitido conseguir una reparación anatómica y funcional aceptable de los nervios lesionados a nivel del antebrazo. La técnica se muestra útil en situaciones de urgencia y en reparaciones secundarias donde el defecto intercalar es pequeño. Durante el proceso de reparación no se desarrolla el signo de Tinel, efecto que consideramos beneficioso debido a que la ausencia de dolor neuropático no interfiere en el proceso de rehabilitación de las lesiones asociadas. Las complicaciones derivadas del uso de tubos de silicona han supuesto la necesidad de extracción de los mismos en seis pacientes, quedando resuelto los cuadros dolorosos y compresivos existentes. La tubulización de los nervios del antebrazo durante el reimplante del mismo puede acortar el tiempo quirúrgico. La realización de estudios comparativos con otros métodos de reparación nerviosa así como entre los distintos tipos de tubos y de sus distintos contenidos celulares o matriciales comercializados aportaría información acerca de las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

Conclusiones

El uso del tubo de silicona en la reparación de lesiones agudas, subagudas y crónicas de nervios periféricos en el antebrazo parece aportar buenos resultados en la mayoría de los casos, con restauración macroscópica de la anatomía del nervio y con una restitución aceptable de la función nerviosa.

Nivel de evidencia

Nivel de evidencia IV.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Millesi H. Fascicular nerve repair and interfascicular nerve grafting. En: Daniel RK, Terzis JK, editors. *Reconstructive Microsurgery*. Boston: Little, Brown and Co; 1977. p. 430–42.
2. Millesi H. Nerve grafting. *Clin Plast Surg*. 1984;11:105–13.
3. Lundborg G. A 25-year perspective of peripheral nerve surgery: evolving neuroscientific concepts and clinical significance. *J Hand Surg*. 2000;25:391–414.
4. Dahlin LB. Techniques of Peripheral Nerve Repair. *Scand J Surg*. 2008;97:310–6.
5. Meek MF, Coert JH. Clinical use of nerve conduits in peripheral nerve repair: review of the literature. *J Reconstr Microsurg*. 2002;18:97–109.
6. de Ruiter GCW, Malessy MJA, Yaszemski MJ, Windebank AJ, Spinner RJ. Designing ideal conduits for peripheral nerve repair. *Neurosurgical FOCUS* (edición electrónica). 2009; 26:E5.
7. Merle M, Dellon AL, Campbell JN, Chang PS. Complications from silicon-polymer intubulation of nerves. *Microsurgery*. 1989;10:130–3.
8. Lundborg G, Dahlin LB, Danielsen N. Ulnar nerve repair by the silicone chamber technique: case report. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg*. 1991;25:79–82.
9. Braga-Silva J. The use of silicone tubing in the late repair of the median and ulnar nerves in the forearm. *J Hand Surg Br*. 1999;24:703–6.
10. Chanson L, Michon J, Merle M, Delagoutte JP. Étude des résultats de la réparation de 85 nerfs dont 49 gros nerfs. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 1977;63 Suppl 2:S153–160.
11. Hall S. The response to injury in the peripheral nervous system. *J Bone Joint Surg Br*. 2005;87:1309–19.
12. Taras JS, Nanavati V, Steelman P. Nerve conduits. *J Hand Therapy*. 2005;18:191–7.
13. Navarro X, Rodríguez FJ, Labrador RO, Ceballos D, Gómez N, Cuadras J. Peripheral Nerve Regeneration Through Biore-sorbable and Durable Nerve Guides. *J Peripher Nerv Syst*. 1996;1:53–64.
14. Midha R. Emerging Techniques for Nerve Repair: Nerve Transfers and Nerve Guidance Tubes. *Clin Neurosurg*. 2006;53:185–90.
15. Bellamkonda RV. Peripheral nerve regeneration: An opinion on channels, scaffolds and anisotropy. *Biomaterials*. 2006;27:3515–8.