

## Artículo de Revisión

# CONCEPTOS ACTUALES EN LA CIRUGÍA DE LOS NERVIOS PERIFÉRICOS. PARTE I: LESIONES DEL PLEXO BRAQUIAL

Mariano Socolovsky

División de Neurocirugía. Instituto de Neurociencias Aplicadas. Hospital de Clínicas "José de San Martín". Facultad de Medicina. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina

## RESUMEN

**Objetivo.** Analizar las innovaciones técnicas recientemente comunicadas en la cirugía de reconstrucción de las lesiones del plexo braquial

**Estudios seleccionados.** Se han analizado un total de 55 artículos, de los cuales fueron seleccionados 23 para realizar este trabajo. Se priorizaron aquellos estudios en los que se muestran las técnicas descritas recientemente o grandes series que incluyen los resultados de dichas técnicas. El período analizado fue de enero 1993 hasta febrero 2003.

**Síntesis de los datos.** Numerosas opciones para la neurotización de las ramas terminales del plexo han sido desarrolladas en la última década, incluyendo la utilización del nervio accesorio espinal, del frénico, del cubital, intercostales, raíces cervicales C3-C4, raíz C7 contralateral y nervio hipogloso.

**Conclusión.** La neurotización de los nervios supraescapular y musculocutáneo con el espinal accesorio, el frénico y los intercostales, muestran buenos resultados. En caso de lesión incompleta, la técnica de neurotización del musculocutáneo con el cubital (Oberlin) debe ser también considerada. A diferencia de lo que ocurre a nivel facial, el hipogloso no es de utilidad para neurotizar el plexo braquial.

**Palabras clave:** lesión de plexo braquial, nervio frénico, nervios intercostales, neurotización

## INTRODUCCIÓN

Los pioneros como Algimatas Narakas, Hanno Millesi y Jean-Yves Alnot, generaron en los años 70 y 80 un gran entusiasmo por la cirugía de reconstrucción de las lesiones del plexo braquial, como consecuencia de la aparición de innovaciones técnicas desarrolladas por ellos y otros autores<sup>1-6</sup>. En los años subsiguientes, el interés decayó como producto de un estancamiento en la evolución de los resultados obtenidos. Sin embargo, en la última década, numerosos trabajos originales han visto la luz, en especial los que analizan los beneficios de la neurotización de las ramas terminales del plexo braquial mediante diferentes nervios dadores, en los que se pone énfasis en el análisis estadístico de los resultados obtenidos mediante dichos procedimientos<sup>7-14</sup>.

Definimos como neurotización a aquella técnica que involucra la anastomosis entre un nervio motor

funcionante (dador) y un nervio lesionado (receptor). Constituye una condición *sine qua non* de una neurotización la desfuncionalización del músculo inervado por el dador. Por ende, es necesario valorar antes de realizar el procedimiento, si el músculo a reinervar es más importante que el que se irá a sacrificar y las posibilidades de éxito de la técnica que, si bien son elevadas, nunca son absolutas.

La neurotización es el procedimiento de elección cuando no es posible reconstruir los nervios de manera directa, por ejemplo cuando se presenta una avulsión de una o varias raíces cervicales y constituye prácticamente la única posibilidad que posee la neurocirugía de crear función neurológica donde no la había, ya que no existe un procedimiento equiparable a la neurotización a nivel del sistema nervioso central.

El objetivo de esta presentación es el de efectuar un análisis de los últimos resultados publicados obtenidos con estas técnicas, para intentar jerarquizarlas en función de su utilidad y factibilidad técnica, de manera de orientar y actualizar al lector sobre los avances recientes en este fascinante campo de la neurocirugía.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda bibliográfica minuciosa abarcando el período comprendido entre enero 1993 y febrero 2003. Para ello se recurrió a las bases de datos computarizadas de la National Library of Medicine de los Estados Unidos (Medline) y de la Fundación Cochrane de Gran Bretaña. El temario incluyó todas las palabras claves que estuvieran relacionadas con las lesiones traumáticas del plexo braquial, incluyendo anastomosis entre nervios, reconstrucciones, neurolisis, neurotizaciones, y artículos que comparaban diferentes variables según los resultados obtenidos en series con un número importante de pacientes.

Una vez obtenido el material bibliográfico, se procedió a efectuar una cuidadosa selección de los reportes verdaderamente innovadores respecto de alguna técnica o procedimiento determinado, o de aquellas series que se destacaran por el número de pacientes incluidos. Las técnicas operatorias clásicas ya consagradas, o aquellas que mostraron resultados muy prometedores, pero que fueron reportadas fuera del período en estudio, fueron deliberadamente excluidas de este trabajo, aunque sí se incluyeron las variantes novedosas u originales de dichas técnicas que se encontraban dentro del período mencionado.

Una vez recolectado el material bibliográfico, se clasificó y ordenó los trabajos en grupos según la o las técnicas empleadas en cada estudio. Finalmente se efectuó un análisis de todos los datos obtenidos, para su exposición.

## RESULTADOS

Se analizaron un total de 55 artículos, de los cuales 23 fueron seleccionados para su inclusión en el presente trabajo. En forma unánime, el criterio de selección fue la originalidad de las técnicas o los resultados estadísticos publicados. El análisis de cada uno de ellos, y la comparación entre algunos de ellos, se efectúa en el siguiente apartado.

Dado que los estudios analizados abarcan un espectro amplio de temas diferentes, que concuerdan sólo en un punto en común que es establecer la utilidad, dificultades técnicas y resultados obtenidos con las diferentes técnicas de reconstrucción del plexo braquial, se presentarán los resultados obtenidos agrupados según el nervio utilizado para efectuar la neurotización, para facilitar su lectura y comprensión.

## DISCUSIÓN

### Neurotización con el nervio espinal accesorio

Allieu et al<sup>1</sup> describieron la técnica que con los años demostró ser la más sencilla, la más utilizada, y la que mejores resultados brinda para la neurotización extraplexual de las ramas terminales del plexo braquial (Fig 1). En el artículo original, los autores emplean un injerto interpuesto entre el nervio espinal accesorio y el musculocutáneo, con el objetivo de reinervar al músculo bíceps. La técnica es empleada habitualmente también para reinervar los músculos del hombro, ya sea mediante la neurotización con el supraescapular (músculo supraespinoso) o el axilar (músculo deltoides).

Samii et al<sup>15</sup>, analizando 44 casos utilizando el nervio accesorio espinal para neurotizarlo con el musculocutáneo mediante el uso de un injerto interpuesto, establecieron recientemente la importancia de efectuar la reconstrucción quirúrgica precoz y mediante un injerto lo más corto que fuere posible, como factores determinantes del éxito del procedimiento. Si el injerto poseía una longitud menor de 12 cm, o si la cirugía era efectuada antes de los seis meses de establecida la lesión, los autores lograron una evolución favorable de 86%, en comparación con 65% si no se cumplían dichos factores.

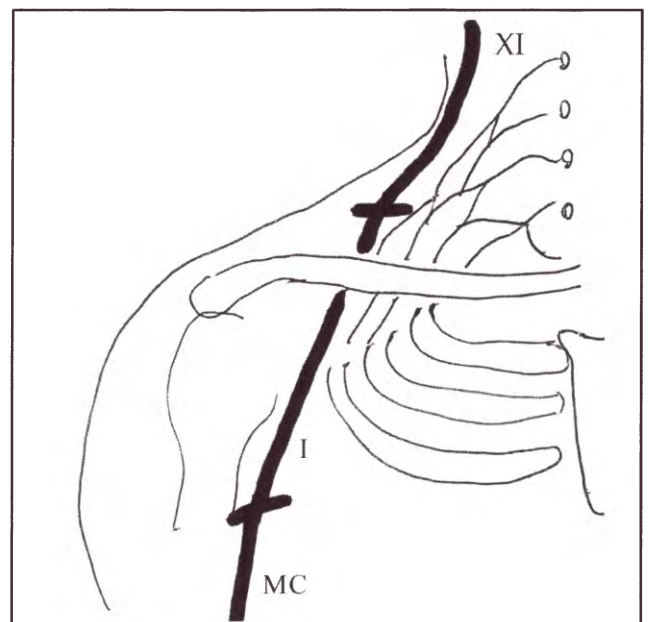


Fig. 1. Neurotización del nervio musculocutáneo con nervio espinal accesorio. XI: espinal, I: injerto interpuesto, MC: musculocutáneo.

### Neurotización con el nervio frénico

En los casos de avulsión completa de las raíces cervicales de los nervios espinales C5 a D1, es sabido que el empleo del nervio frénico es una fuente efectiva de axones motores para reinervación(16) (Fig 2).

La serie más grande publicada hasta el momento, respecto del resultado obtenido con el uso de dicho nervio es la de Gu et al<sup>17</sup>, quienes presentaron sus resultados al cabo de efectuar un total de 180 neurotizaciones utilizando el nervio frénico, en un número igual de pacientes, a lo largo de dos décadas, entre 1970 y 1990. De esa gran cantidad de pacientes, los autores lograron efectuar un seguimiento a más de dos años en sólo 65 casos, que constituyen la base de su trabajo. El nervio fue disecado lo más distal posible, y suturado al nervio musculocutáneo con el objeto de restaurar la flexión del codo en 49 casos, y a otros nervios receptores en los restantes 16 pacientes. En 40 de las 49 neurotografías al musculocutáneo no fue necesaria la utilización de un injerto interpuesto, mientras que en los restantes 25 casos se debió colocar un injerto extraído de nervio sural. De dichos 40 casos, 32 lograron una contracción bicipital de grado 3 a 5, según la escala del British Medical Research Council System (Tabla 1), y 8 fracasaron ya que resultaron en una fuerza contráctil de M0 a M2. Los autores no describen los nervios a los que fue unido el nervio frénico en los 16 casos en los que no se utilizó el musculocutáneo como receptor. El resultado motor obtenido en los casos en que se utilizó injerto interpuesto, esencial-

**Tabla 1. Escala de graduación de la fuerza motora del British Medical Council**

Grado	Fuerza
0	Sin contracción muscular
1	Esbozo de contracción
2	Movimiento activo no antigravitatorio
3	Movimiento activo antigravitatorio
4	Movimiento activo contra resistencia
5	Fuerza normal

mente fue similar a los casos en los que se empleó neurotografía sin injerto. El tiempo transcurrido entre el traumatismo y la reconstrucción se encuentra relacionado, según los autores, al éxito del procedimiento, siendo en promedio 290 días para los casos en los que se obtuvo fuerza contráctil bicipital de M4 o más, comparado con 656 días de promedio en los casos en los que se obtuvo un resultado final de M1 a M2.

Respecto a la función pulmonar, en el mismo estudio se reporta un solo caso en el que se presentó un problema respiratorio clínicamente importante, aunque transitorio. Se trató de un niño de 5 años en el cual se usaron simultáneamente el nervio frénico y los intercostales 5°, 6° y 7° como dadores de axones, lo cual provocó una hipoventilación pulmonar marcada que se recuperó espontáneamente al cabo de unas pocas semanas. De los 65 casos, 32 presentaron buena contracción diafragmática un año después de la cirugía. Pruebas funcionales fueron realizadas en sólo 19 pacientes, en los que se observó disminución subclínica de la capacidad pulmonar global, aunque esta también mejoró de manera gradual y espontánea hacia los dos años luego de la cirugía.

En otra serie no tan numerosa, Luedeman et al<sup>18</sup> analizan 23 casos de neurotización del frénico al musculocutáneo, en 12 de los cuales se pudo determinar la función pulmonar pre y postoperatoria mediante estudios funcionales respiratorios. En 18 casos se requirió un injerto interpuesto para realizar la transferencia nerviosa sin tensión. Se logró una contracción bicipital de grado 4 o más en el 58% de los pacientes. En ningún caso se observaron clínicamente trastornos pulmonares postoperatorios, aunque de manera consistente se verificó un descenso promedio de cerca del 10% de la capacidad vital, que fue mayor en los pacientes en los que se sacrificó el nervio frénico derecho, en comparación con el izquierdo. Este hallazgo estaría relacionado a la mayor superficie e importancia relativa que tiene el lado derecho del diafragma, con respecto a la ventilación pulmonar.

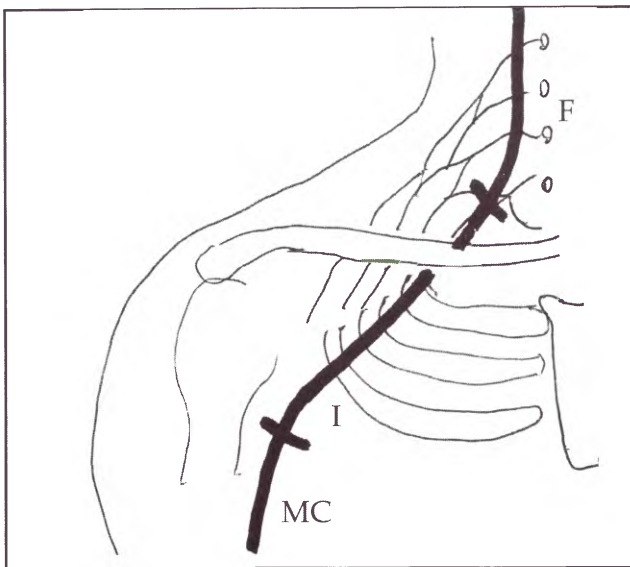


Fig. 2. Neurotización del musculocutáneo con frénico. F: nervio frénico, I: injerto, MC: musculocutáneo.



### Neurotización con el nervio cubital

Desde el trabajo original de Oberlin<sup>19</sup>, que reporta 4 casos de reinervación exitosa del bíceps utilizando algunos fascículos del cubital, se generó un gran interés por el tratamiento de las lesiones de las raíces superiores (C5, C6 y C7) mediante esta técnica. Esencialmente, si el paciente presenta la mencionada afectación, que se expresa como falta de fuerza en hombro y bíceps, con conservación de la función de antebrazo y mano (síndrome de Duchenne-Erb), este procedimiento se basa en la preservación funcional completa del nervio cubital, que actúa como dador de axones (Fig 3).

La serie más grande publicada a la fecha es la de Leechavengvongs et al<sup>20</sup>, quienes estudiaron 32 pacientes en los que se efectuó dicho procedimiento, asociado a neurotización simultánea del nervio espinal (XI par) con el nervio supraescapular. El objetivo final fue la reinervación de los músculos bíceps y supraespinoso, logrando movilización activa de hombro y codo. Los resultados conseguidos por este grupo son muy auspiciosos, obteniendo buenos resultados en 30 de los 32 casos operados, un 93%. Los autores encontraron que la sección de uno o dos fascículos del nervio cubital no se acompaña de alteraciones importantes en la movilidad de la mano, siendo los trastornos leves y transitorios.

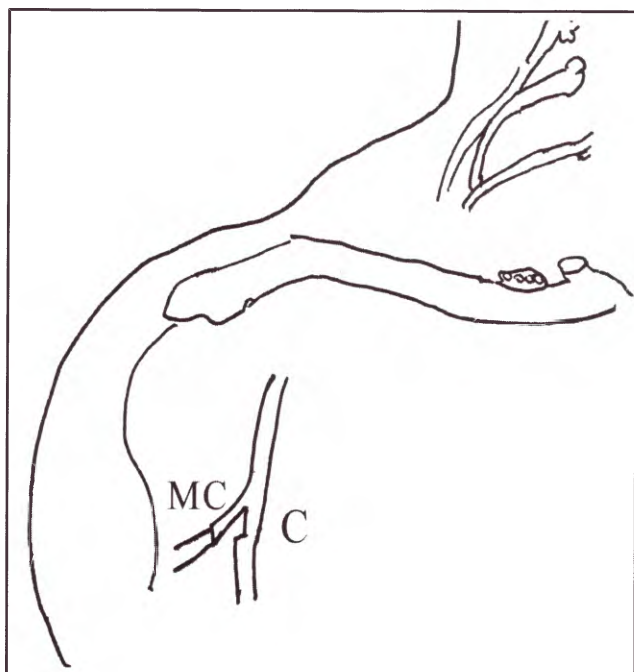


Fig. 3. Neurotización del musculocutáneo con algunos fascículos del cubital (técnica de Oberlin). C: cubital, MC: musculocutáneo.

Recientemente, Tung et al<sup>21</sup> publicaron una serie de 8 pacientes en los que se realizó el procedimiento descrito por Oberlin, asociado a la transferencia de otro fascículo del nervio cubital a la rama del musculocutáneo que se dirige al músculo braquial anterior. Con ello se buscó la reinervación simultánea de dos músculos sinérgicos de la flexión del codo. Se reporta un resultado positivo en el 100% de los casos, sin morbilidad asociada al nervio cubital parcialmente seccionado. El mínimo de fuerza conseguida en la evaluación final, a más de dos años después de haber realizado la cirugía, es de grado 4 en la escala del British Medical Council.

### Neurotización con los nervios intercostales

En 1968, Tsuyama y Hara<sup>22</sup> propusieron la utilización de dos o más nervios intercostales, disecados a lo largo de un trayecto prolongado por debajo de la costilla que los protege, para neurotizarlos con ramas distales cuyas raíces hayan sido avulsionadas a nivel proximal (Fig 4). El método se popularizó inicialmente en Oriente, donde en las décadas del 70 y 80 se publicaron diversas series, todas con resultados favorables en algo más de 50% de reinervación bicipital con fuerza contráctil de grado 3 o más en la escala del British Medical Council del músculo bíceps.

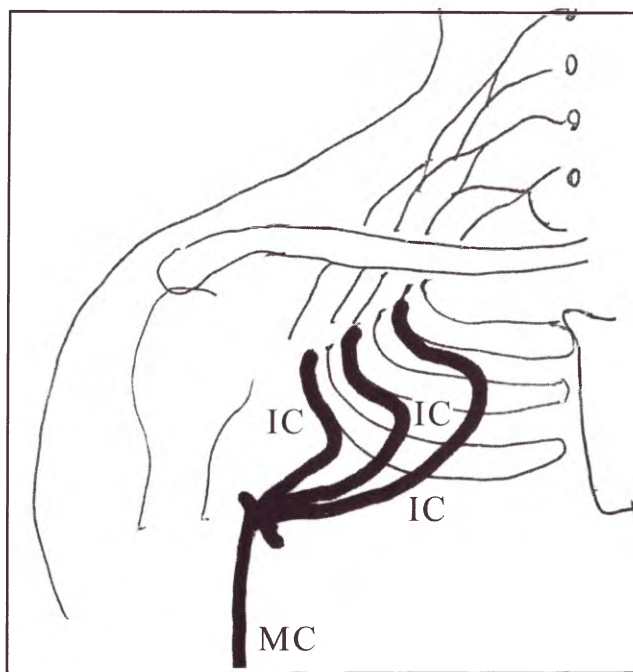


Fig. 4. Neurotización del musculocutáneo con intercostales. IC: intercostales, MC: musculocutáneo

El método de efectuar la anastomosis, así como el número ideal de injertos de intercostal a utilizar, aún es controvertido. Es sabido que cada nervio intercostal reduce alrededor de 10% de sus axones cada 10 cm de longitud, a medida que va inervando los músculos inspiratorios accesorios<sup>23</sup>. Por ende, existen dos tendencias: una es disecar el nervio lo más distalmente posible, hasta cerca del esternón, y realizar la anastomosis sin injerto, pero con un nervio con menor cantidad de axones. La otra posibilidad es seccionar el nervio a nivel proximal, donde es más grueso, y efectuar la anastomosis con injerto interpuesto extraído de nervio sural.

Otro asunto todavía no aclarado es la cantidad de nervios necesaria para obtener un resultado óptimo. Kawai et al<sup>24</sup> demostraron que es mejor utilizar 2 en lugar de uno solo, aunque no logró establecer el beneficio de usar más de esa cantidad.

Aún no existe un estudio que permita determinar cuál es el mejor método para realizar una neurotización utilizando nervios intercostales.

En los últimos años, Okinaga y Nagano<sup>25</sup>, publicaron una pequeña serie de 5 casos efectuados con nervios intercostales disecados en conjunto con el pedículo vascular intercostal que los nutre. Los resultados esencialmente fueron similares a los reportados con el uso de nervios no vascularizados, por lo cual los mencionados autores sugieren no utilizar esta técnica ya que requiere una disección más compleja que conlleva a un mayor tiempo de cirugía.

### Neurotización con raíces cervicales

En 1991, Yamada et al<sup>26</sup> presentaron un nuevo método para efectuar la neurotización de las ramas terminales del plexo braquial en pacientes con avulsión algunas de las raíces desde C5 hasta D1, que consistía en utilizar las ramas anteriores de las raíces cervicales C3 y C4 (esta última distal al nacimiento del nervio frénico) (Fig. 5). En realidad, la técnica es una variación de la original comunicada por Brunelli 15 años antes<sup>27</sup>. En total, Yamada et al publican 12 pacientes en los cuales se realizó el mencionado procedimiento asociado a otros en simultáneo, para reinervar diferentes músculos. 9 de los 12 pacientes evolucionaron con una mejoría que los llevó a tener una fuerza de 3 o más en la escala del British Medical Council, en algunos (pero no todos) los músculos explorados. Los autores hacen hincapié en que la cirugía precoz (antes de las seis semanas de producida la lesión) tiene mejores resultados que cirugías más tardías, y que este método estaría bien indicado en las parálisis

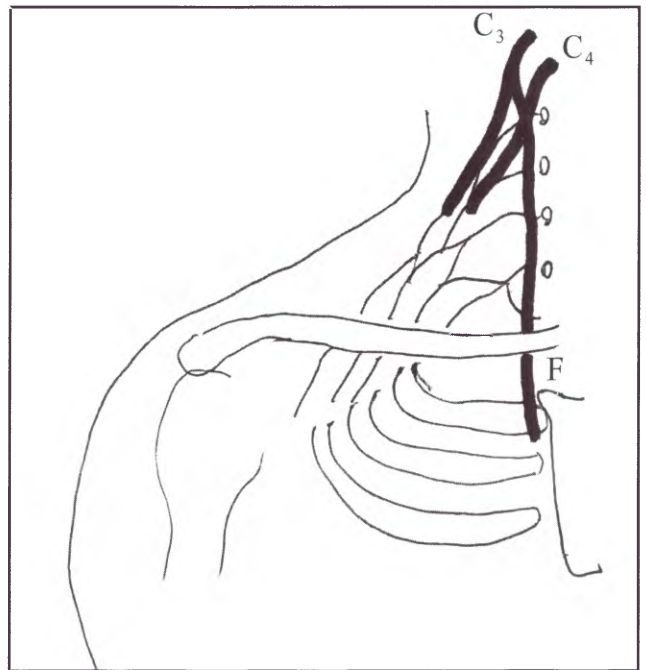


Fig. 5. Neurotización de las raíces C5 y C6 con raíces C3 y C4.

obstétricas, ya que la edad temprana jugaría un rol determinante en la favorable evolución final. En su comentario sobre este artículo, Kline<sup>26</sup>, critica los resultados obtenidos por Yamada, asegurando que éstos son excesivamente favorables, aún para músculos que normalmente no presentan contractura clínicamente demostrable, por más de que hayan sido exitosamente reinervados (como los intrínsecos de la mano). Asimismo, Kline no se muestra de acuerdo en efectuar la cirugía de reconstrucción del plexo a las seis semanas de producida la lesión, ya que algunos pacientes con síndrome de Duchenne-Erb u otras lesiones, presentan una recuperación espontánea más tardía, que eventualmente no requerirá cirugía.

### Neurotización del nervio mediano con la raíz C7 contralateral

Gu et al<sup>28</sup> presentaron en 1992 una técnica para recuperar la función del nervio mediano utilizando la raíz C7 del miembro superior no afectado, siendo hasta el momento la única que ha demostrado efectividad para la reinervación de un músculo en la mano o la muñeca, a diferencia de los restantes que han demostrado éxito sólo en el hombro o codo, es decir a nivel proximal.

El procedimiento es técnicamente complejo, e involucra la disección por vía cervical anterior de la raíz C7 del lado sano; la disección de los nervios mediano y cubital del lado lesionado a nivel bra-

quial proximal, continuando la disección del cubital hasta la muñeca preservando su pedículo nutricional, que es la arteria cubital colateral superior. Se realiza entonces una neurorrafia entre los extremos proximales de mediano y cubital, y posteriormente se tuneliza el cubital, seccionado a nivel distal, a través de la región anterior del cuello hasta anastomosarlo con la raíz C7. De esta manera, esta raíz es la dadora de axones, el nervio cubital actúa de injerto, y el nervio mediano es el receptor (Fig 6).

Los resultados a largo plazo de esta técnica fueron presentados por los mismos autores en un trabajo ulterior<sup>29</sup>. Se realizaron 82 operaciones, pero se pudo efectuar un seguimiento a más de dos años en sólo 20 casos, discriminados de la siguiente manera: 6 neurotizaciones al musculocutáneo, para obtener flexión de codo (con 5 resultados favorables), 8 al mediano, para obtener flexión de muñeca y dedos (6 resultados favorables), 4 al radial, para lograr extensión de muñeca y dedos (3 buenos resultados) y 2 al dorsal ancho, para generar aducción activa del brazo sobre el tronco, lo cual se logró en un solo paciente. En total, alrededor de un 60% de los casos evolucionaron satisfactoriamente desde el punto de vista motor, con grado 3 o más en la escala British Medical Council; mientras que 78% presentaron una franca mejoría desde el punto de vista sensi-

tivo. Los autores describen la afectación del brazo sano al seccionar la raíz C7, como un área variable de hipoestesia antebraquial, y una paresia, en muy pocos casos significativa y nunca permanente, de la extensión de la muñeca.

Una variación de esta técnica fue presentada en 2001 por Songchaoren et al<sup>30</sup>, quienes precocizan la utilización de sólo la mitad de los 4 a 6 fascículos que conforman a la raíz C7, preservando los restantes para disminuir la morbilidad en el miembro sano.

Estos autores efectuaron un total de 111 procedimientos, logrando un seguimiento a largo plazo en 21 pacientes. Los resultados desde el punto de vista motor fueron peores que los de Gu et al, con 29% de recuperación motora de la muñeca y los dedos, siendo similar en porcentaje la recuperación sensitiva. Sólo 3 de los 21 pacientes presentaron déficit motor en la extensión de la muñeca, aunque el trastorno fue siempre transitorio.

#### Neurotización con el nervio hipogloso

Existe consenso en la literatura respecto a los pobres resultados obtenidos con la neurotización de las ramas del plexo braquial utilizando en nervio hipogloso como dador, en contraste con el éxito obtenido con dicho nervio al reinervar el facial en la anastomosis hipoglosofacial (Fig 7).

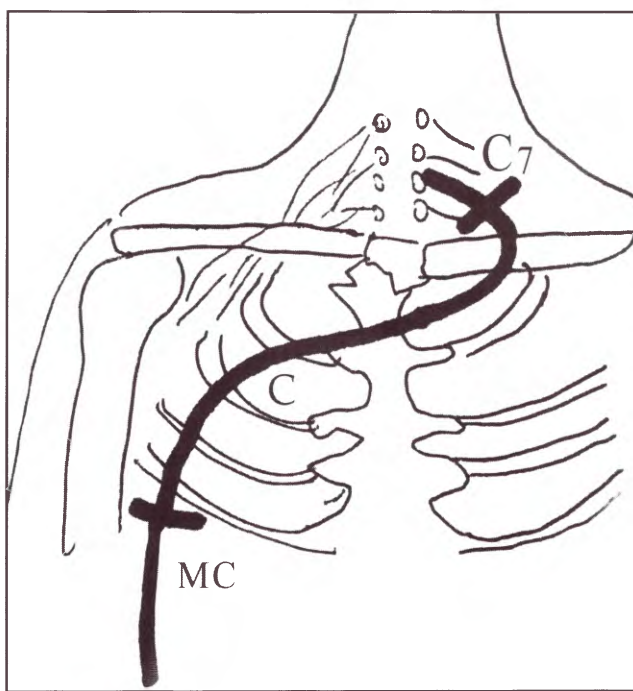


Fig. 6. Neurotización del musculocutáneo con raíz C7 contralateral. C: cubital, actuando como injerto pediculado, MC: musculocutáneo.

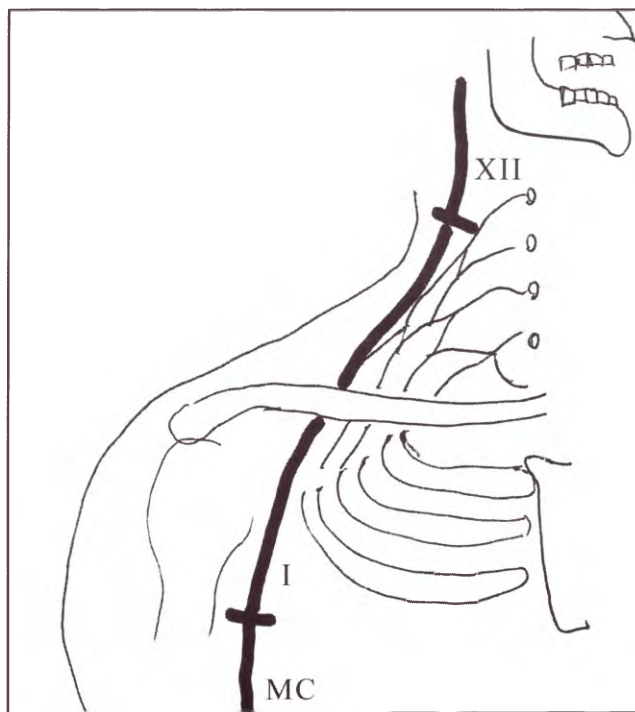


Fig. 7. Neurotización del musculocutáneo con hipogloso. XII: nervio hipogloso, I: injerto, MC: musculocutáneo.



Malesy et al<sup>31</sup> presentaron una serie de 14 pacientes en los que se efectuó dicho procedimiento utilizando un injerto de nervio sural interpuesto entre el extremo distal del hipogloso y el receptor, que fue la raíz C5, o los nervios axilar, supraescapular o musculocutáneo. En algunos casos se logró una contracción muscular de hasta grado 3, pero nunca se observó control voluntario de los músculos reinervados.

Ferraresi et al<sup>32</sup> refieren resultados similares en 7 casos en los que se utilizó una hemisección del nervio hipogloso, en lugar del nervio completo, con el objetivo de disminuir la morbilidad deglutoria y fonatoria.

### Estudios comparativos entre las diferentes técnicas

Hasta aquí se han analizado artículos que hacían referencia exclusivamente a una técnica de reconstrucción del plexo braquial mediante neurotización. A continuación se mencionan dos series publicadas recientemente, cuyo objetivo es el análisis comparativo entre los diferentes procedimientos.

Waikanul et al<sup>33</sup> evalúan los resultados obtenidos en 205 pacientes respecto a la flexión del codo (es decir, reinervación del bíceps) mediante la neurotización del nervio musculocutáneo con intercostales (75 pacientes) y con el nervio accesorio espinal (130 pacientes) en un estudio prospectivo randomizado, uno de los pocos de este tipo en la patología del plexo braquial.

El nervio accesorio espinal demostró ser superior en cuanto a resultados (83% buenos o muy buenos), tiempo de cirugía, complicaciones postoperatorias y necesidad de transfusiones sanguíneas, en comparación a la neurotización con intercostales (64% de buenos o muy buenos resultados). Esta última técnica demostró superioridad para mejorar la sensibilidad en el miembro afectado.

El otro estudio de importancia desde el punto de vista comparativo es el llevado a cabo por Merrell et al<sup>34</sup>, quienes en el contexto de un metaanálisis de la literatura inglesa evaluaron los resultados de un total de 1088 neurotizaciones. Respecto al restablecimiento de la flexión activa del codo, en 965 transferencias se obtuvo una fuerza en bíceps de grado 3 en 71% de los casos, de los cuales 54% fueron neurotizaciones con intercostales (con 72% de buenos resultados) y 39% con espinal accesorio (con 77% de resultados favorables). La neurotización con intercostales sin

injerto interpuesto es mejor que con injerto. El procedimiento descrito por Oberlin mostró resultados muy promisorios (94%) aunque los casos publicados son pocos en comparación con las técnicas anteriores. La abducción activa del hombro se analizó en los 123 casos que ingresaron al metaanálisis, por cumplir los criterios de inclusión. En total, 73% de los pacientes neurotizados obtuvieron resultados favorables (grado 3 o más en la escala del British Medical Council). El nervio espinal accesorio brindó resultados muy buenos (98%) comparado con los intercostales (56%). Respecto al nervio receptor, quedó demostrado que el nervio supraescapular otorga mayor índice de resultados favorables (92%, inervará al músculo supraespinoso) comparado con el circunflejo (69%, inervará al músculo deltoides), en cuanto al resultado funcional para la movilización activa del hombro (abducción).

### CONCLUSIONES

1. Cuando no es posible una reconstrucción directa de uno o más raíces cervicales avulsionadas, el procedimiento de elección para el restablecimiento de la función del miembro afectado por una lesión del plexo braquial es la neurotización. Las posibilidades a utilizar para ello son diversas, existiendo actualmente una decena de técnicas que han demostrado, en mayor o menor medida, su utilidad.

2. La neurotización con el nervio espinal y el nervio frénico, seguidas de cerca por los intercostales, brindan altas chances de éxito para los nervios supraescapular y musculocutáneo, lo cual restablecerá movilidad activa en la porción proximal -hombro y codo- del miembro afectado.

3. Respecto a la recuperación motora o sensitiva distal, es decir antebrazo, muñeca y eventualmente mano, la neurotización con la raíz C7 contralateral es una alternativa posible, aunque la morbilidad asociada al único miembro sano, que posee dicho procedimiento, limita su utilización.

4. Por su parte, en lesiones incompletas del plexo, con preservación funcional de antebrazo y mano, y afección aislada de movilidad activa en hombro y codo, la técnica descrita por Oberlin brinda resultados excelentes.

5. Contando actualmente con variadas alternativas terapéuticas para la reconstrucción de un plexo braquial severamente lesionado, resta aún establecer con estudios comparativos, y de manera definitiva, las indicaciones exactas de cada una de ellas.

## Bibliografía

1. Allieu Y, Cenac P. Neurotization via the spinal accessory nerve in complete paralysis due to multiple avulsion injuries of the brachial plexus. **Clin Orthop** 1988; 237: 67-74.
2. Alnot JY. Traumatic brachial plexus lesions in the adult: indications and results. **Microsurgery** 1995; 16: 22-9.
3. Millesi H. Brachial plexus injuries. **Clin Plastic Surg** 1984; 11: 115-20.
4. Narakas AO, Hentz VR. Neurotization in brachial nerve plexus injuries. Indications and results. **Clin Orthop** 1988; 237: 43-56.
5. Narakas AO. Thoughts on neurotization or nerve transfers for irreparable nerve lesions. **Clin Plastic Surg** 1984; 11: 153-9.
6. Sedel L. Repair of traction lesions of the brachial plexus. **Clin Orthop** 1988; 237: 62-6.
7. Friedman A, Nunley J, Goldner R, Oakes J, Goldner L, Urbaniak J. Nerve transposition for the restoration of elbow flexion following brachial plexus avulsion injuries. **J Neurosurg** 1990; 72: 59-64.
8. Friedman A. Neurotization of elements of the brachial plexus. **Neurosurg Clin N Am** 1991; 2: 165-74.
9. Kline D. Perspectives concerning brachial plexus injury and repair. **Neurosurg Clin N Am** 1991; 2: 151-64.
10. McGillicuddy JE. Clinical decision making in brachial plexus injuries. **Neurosurg Clin N Am** 1991; 2: 137-50.
11. Richardson PM. Recovery of biceps function after delayed repair for brachial plexus injury. **J Trauma** 1997; 42: 791-2.
12. Samardzic M, Grujicic D, Antunovic V. Nerve transfer in brachial plexus traction injuries. **J Neurosurg** 1992; 76: 191-7.
13. Songchaoren P, Mahaisavariya B, Chotigavanich CH. Spinal accessory neurotization for restoration of elbow flexion in avulsion injuries of the brachial plexus. **J Hand Surg** 1996; 21A: 387-90.
14. Terzis J, Vekris M, Souracos P. Outcomes of brachial plexus reconstruction in 204 patients with devastating paralysis. **Plastic Rec Surg** 1999; 104: 1221-40.
15. Samii A, Carvalho G, Samii M. Brachial plexus injury: factors affecting functional outcome in spinal accessory nerve transfer for the restoration of elbow flexion. **J Neurosurg** 2003; 98: 307-12.
16. Gu Y, Wu M, Zhen Y, Zhao J, Zhang G, Chen D et al. Phrenic nerve transfer for brachial plexus motor neurotization. **Microsurgery** 1989; 10: 287-9.
17. Gu Y, Ma M. Use of frenic nerve for brachial plexus reconstruction. **Clin Orthop** 1996; 323: 119-21.
18. Luedemann W, Hamm M, Blömer U, Samii M, Tatagiba M. Brachial plexus neurotization with donor frenic nerves and its effect on pulmonary function. **J Neurosurg** 2002; 96: 523-6.
19. Oberlin C, Béal D, Leechavengvongs S, Salon A, Dauge MC, Sarcy JJ. Nerve transfer to the biceps muscle using a part of the ulnar nerve for C5-C6 avulsion of the brachial plexus: anatomical study and report of four cases. **J Hand Surg** 1994; 19A: 232-7.
20. Leechavengvongs S, Witoonchart K, Uerpairojkit Ch, Thuvasethakul PH, Ketmalasri W. Nerve transfer to biceps muscle using a part of the ulnar nerve in brachial plexus injury (upper arm type): a report of 32 cases. **J Hand Surg** 1998; 23A: 711-6.
21. Tung T, Novak C, Mackinnon SE. Nerve transfers to the biceps and brachialis branches to improve elbow flexion strength after brachial plexus injuries. **J Neurosurg** 2003; 98: 313-8.
22. Tsuyama N, Hara T. Reconstructive surgery for traumatic brachial plexus injuries. **Clin Orthop Surg** 1968; 3: 675-87.
23. Ruch D, Friedman A, Nunley J. The restoration of elbow flexion with intercostal nerve transfers. **Clin Orthop** 1995; 314: 95-103.
24. Kawai H, Kawabata H, Masada K, Ono K, Yamamoto K, Tsuyuguchi T. Nerve repairs for traumatic brachial plexus palsy with root avulsion. **Clin Orthop** 1988; 237: 75-86.
25. Okinaga S, Nagano A. Can vascularization improve the surgical outcome of the intercostal nerve transfer for traumatic brachial plexus palsy? A clinical comparison of vascularized and non-vascularized methods. **Microsurgery** 1999; 19: 176-80.
26. Yamada S, Lonser R, Iacono RP, morenski JD, Bailey L. Bypass coaptation procedures for cervical root avulsion. **Neurosurgery** 1996; 38: 1145-52.
27. Brunelli G, Monini L. Neurotization of avulsed roots of brachial plexus by means of anterior nerves of cervical plexus. **Clin Plastic Surg** 1984; 11: 149-52.
28. Gu Y, Zhang G, Chen D, Yan J, Cheng X, Chen L. Seventh cervical root transfer from the contralateral healthy side for treatment of brachial plexus root avulsions. **J Hand Surg** 1992; 17B: 518-21.
29. Gu Y, Chen DS, Zhang GM, Cheng XM, Zhang LY, Cai PQ et al. Long-term functional results of contralateral C7 transfer. **J Reconstr Microsurg** 1998; 14: 57-9.
30. Songchaoren P, Wongtragul S, Mahaisavariya B. Hemi-contralateral C7 transfer to median nerve in the treatment of root avulsion brachial plexus injury. **J Hand Surg** 2001; 26A: 1058-64.
31. Malessy M, Hoffman C, Thomeer R. Initial report on the limited value of hypoglossal nerve transfer



to treat brachial plexus root avulsions. **J Neurosurg** 1999; 91: 601-4.

32. Ferraresi S, Garozzo D, Ravenni R, Dainese R, De Grandis D, Buffatti P. Hemihypoglossal nerve transfer in brachial plexus repair: technique and results. **Neurosurgery** 2002; 50: 332-335.
33. Waikanul S, Wongtragul S, Vanadurongwan V. Restoration of elbow flexion in brachial plexus

avulsion injury: Comparing spinal accessory nerve with intercostals nerve transfer. **J Hand Surg** 1999; 24A: 571-7.

34. Merrell GA, Barrie K, Katz DL, Wolfe SW. Results of nerve transfer techniques for restoration of shoulder and elbow function in the context of a meta-analysis of the English literature. **J Hand Surg** 2001; 26A: 303-14.

## ABSTRACT

**Objective.** To analyze recently developed techniques for the reconstruction of brachial plexus injuries.

**Selected articles.** A total of 55 reports were analyzed, and 23 were selected for inclusion in this review. The analyzed period is January 1993 to February 2003. Innovative techniques or long series were prioritized for inclusion.

**Data synthesis.** A number of different techniques were described in the last decade, mostly those that consist in neurotization of terminal branches, including spinal accessory, frenic, ulnar, intercos-

tals, C3-C4 roots, contralateral C7 root and hypoglossal nerve.

**Conclusion.** Neurotization of suprascapular and musculocutaneous nerves with spinal accessory, frenic and intercostals nerves, was a useful technique. In case of incomplete injury, Oberlin technique (neurotization of musculocutaneous with cubital) should be considered. Hypoglossal nerve did not show good results in neurotization of brachial plexus, as opposite to facial palsy cases.

**Key Words:** brachial plexus injury, frenic nerve, intercostals nerves, neurotization

# REVISTA ARGENTINA DE NEUROCIROLOGÍA

ÓRGANO DE DIFUSIÓN DE LA ASOCIACIÓN ARGENTINA de NEUROCIROLOGÍA



Índice de Volúmenes

Suscripción Online

Ediciones Anteriores

Instrucciones para autores

## COMITÉ EDITORIAL

### Editores Responsables:

Luis Lemme Plaghos  
Juan José Mezzadri

### Editor Fundador:

León Turjanski

### Editor Consultor:

Julio César Suarez

### Secretarios de Redacción:

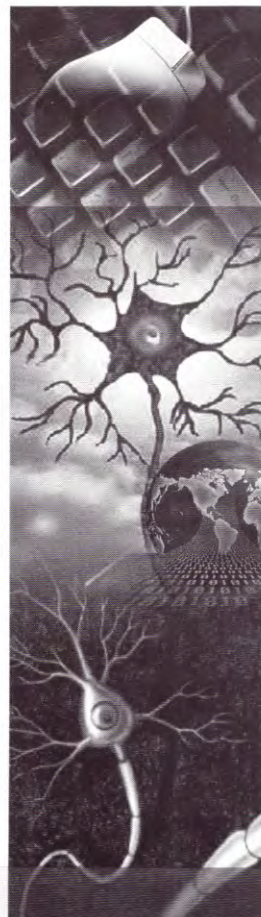
Edgardo Schijman  
Horacio J. Fontana

### Comité de Redacción:

Daniel D'Osvaldo  
Ricardo Fernández Pisani  
Horacio Curcio  
Javier Gardella  
Graciela Zuccaro  
Marcelo Platas  
Horacio Solé  
Julio César Suarez

### Secretarios de Redacción:

Edgardo Schijman  
Horacio J. Fontana



Visite: [www.aancc.org.ar](http://www.aancc.org.ar)