

## INVESTIGACIÓN ORIGINAL

DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v63n1.43406>

## Lesiones altas del plexo braquial. Reconstrucción con técnicas combinadas de neurotización e injertos nerviosos

*Upper brachial plexus injuries. Reconstruction with combined techniques of neurotization and nerve grafts*Enrique Vergara-Amador<sup>1</sup>

Recibido: 11/05/2014 Aceptado: 30/01/2015

<sup>1</sup>Unidad de Ortopedia, Departamento de Cirugía, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C., Colombia.

Correspondencia: Enrique Vergara-Amador. Unidad de Ortopedia, Departamento de Cirugía, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia, Calle 45 No. 30-03, teléfono: +57 1 3165000, Bogotá D. C., Colombia. Correo electrónico: emvergaraa@unal.edu.co.

[| Resumen |](#)

**Antecedentes.** Las lesiones altas del plexo braquial son reconstruidas con neurotización e injerto nervioso. El nervio espinal accesorio, la raíz C7, las ramas del tríceps y los nervios mediano y cubital son los más usados para transferencias.

**Objetivo.** Mostrar la experiencia con neurotización de la rama inferior del nervio espinal accesorio (NEA) al nervio supraescapular (NSE), transferencia nerviosa de fascículos del nervio cubital o del mediano y, en ocasiones, injertos nerviosos hacia el nervio musculocutáneo y al tronco posterior, y reconstrucción del nervio axilar en algunos casos.

**Materiales y métodos.** Se revisan 42 pacientes con lesiones altas de plexo braquial, operados mediante combinación de neurotización e injertos nerviosos. Se hizo un seguimiento mínimo de 15 meses.

**Resultados.** Las lesiones de 40 pacientes fueron producidas por accidente en moto. En 22 solo se transfirió el NSE con el NEA; con esto, se recuperó abducción de hombro de 33°. A 8 pacientes se les combinó con reparación del axilar; mejorando la abducción a 81°. En 30 pacientes con neurotización del nervio cubital o mediano para el bíceps, se obtuvo respuesta a los 3 o 4 meses. Al final, la flexión del codo era de 116° y M4.

**Conclusión.** Los mejores resultados en hombro fueron con la combinación de NSE y del nervio axilar; con esta, se logró

81° de abducción. La rotación externa mejoró en 28,5% de los pacientes, con respuesta tardía. Mientras que la neurotización del bíceps con fascículos del cubital consiguió una flexión de 116°, muy comparable con otras series. Hoy esta técnica es el *gold standard* para la reconstrucción de flexión del codo.

**Palabras clave:** Plexo Braquial; Transferencia de Nervios; nervio cubital (DeCS).

.....  
**Vergara-Amador E.** Lesiones altas del plexo braquial. Reconstrucción con técnicas combinadas de neurotización e injertos nerviosos. Rev. Fac. Med. 2015;63(1):93-8. Spanish. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v63n1.43406>.

### Summary

**Background.** The upper brachial plexus injuries are reconstructed with neurotization and nerve grafting. The spinal accessory nerve, C7 root, branches of the triceps, and median and ulnar nerve are most commonly used for transfers.

**Objective.** To show the experience with neurotization of the lower branch of the spinal accessory nerve (NEA) to suprascapular nerve (NSE), nerve fascicles transfer of median or ulnar nerve, and sometimes nerve grafting to the musculocutaneous nerve and the posterior trunk, and axillary nerve reconstruction in some cases.

**Materials and methods.** We reviewed 42 patients with upper brachial plexus injuries, operated by the combination transfer and nerve grafts. Minimum follow-up 15 months.

**Results.** 40 patients were due to motorcycle accidents. In only 22 was transferred the NEA to NSE, recovering shoulder abduction of 33°. In 8 patients to combine with axillary nerve repair, improved abduction to 81°.

In 30 patients with ulnar or median nerve neurotization to the biceps, the response was obtained between 3 and 4 months. At follow-up elbow flexion was 116° and M4.

**Conclusion.** The best results in shoulder were obtained with the combination of NSE and axillary nerve, achieving 81° of abduction. External rotation improved in 28.5% of patients, with a delayed response.

Shoulder flexion of 116 was obtained with ulnar nerve neurotization, very comparable with other series. Today this technique is the gold standard for reconstruction of elbow flexion.

**Keywords:** Brachial plexus; Nerve transfer; Ulnar nerve (MeSH).

.....  
**Vergara-Amador E.** [Upper brachial plexus injuries. Reconstruction with combined techniques of neurotization and nerve grafts]. Rev. Fac. Med. 2015;63(1):93-8. Spanish. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v63n1.43406>.

## Introducción

Las lesiones de los troncos primario superior y medio, o de las raíces C5, C6 y C7, llevan a una pérdida de la función del hombro en los movimientos de abducción, flexión y la rotación externa principalmente. También comprometen la flexión del codo. Los hallazgos que se encuentran en el plexo van desde la avulsión de las raíces, ruptura parcial con formación de neuroma en continuidad y ruptura completa de raíces o de tronco. De acuerdo al examen físico, hallazgos electrofisiológicos y lo encontrado dentro de la cirugía, es dirigida la estrategia de reconstrucción.

En este caso, la prioridad es reconstruir el nervio supraescapular y el muculocutáneo, mediante técnicas de neurotización o el uso de injertos de nervio. Con esto, se puede lograr una abducción de hombro hasta 45° y, ocasionalmente, la rotación externa del mismo (1-4). Narakas (5) observó que la regeneración del nervio supraescapular se dirigía casi exclusivamente al músculo supraespinoso, que es el primero se que encuentra en el proceso; en segundo lugar, se encontraba el infraespinoso, que tenía menos posibilidad

de regenerarse. Algunas técnicas han sido descritas para tratar de mejorar la rotación externa exclusivamente.

## Materiales y métodos

Es un estudio descriptivo tipo *serie de casos*, de pacientes con diagnóstico de lesión de tronco superior, o de raíces C5, C6 y algunos con C7, operados por el autor entre los años 2003-2012.

El diagnóstico fue clínico y electrodiagnóstico. Se incluyeron los pacientes con parálisis total del bíceps, braquial anterior, deltoides, supraespinoso e infraespinoso, clasificada como M0 según la escala del Medical Research Council. En esta, M0 es parálisis total y M5 es arco de movimiento completo contra la gravedad y contra resistencia. Todas las mediciones fueron realizadas con un goniómetro.

Después de las 3 semanas posoperatorias, se inició un plan de rehabilitación, iniciando siempre con estimulación eléctrica galvánica a los músculos afectados y el resto de atención integral. Los datos se almacenaron y analizaron con estadística descriptiva en programa Excel 2010.

## Consideraciones éticas

El trabajo fue aprobado por el comité de ética de la Universidad Nacional. La información obtenida se mantuvo en absoluta confidencialidad y fue de uso exclusivo de los investigadores. Todos los pacientes firmaron un consentimiento informado para la cirugía y autorizaron la reproducción de imágenes clínicas y radiológicas, conservando su anonimato.

## Resultados

Se estudiaron 42 pacientes, 41 de ellos hombres, con lesión de las raíces superiores del plexo braquial o del tronco superior, con una edad promedio de 29.6 años (rango entre 20 y 63 años). El seguimiento mínimo fue de 15 meses. 40 casos eran secuela de trauma en moto, un paciente caída de caballo y uno por herida de proyectil de arma de fuego. Los pacientes fueron operados dentro de los 4 a 12 meses posteriores a la lesión con un promedio de 6.9 meses.

Antes de la cirugía, un paciente había recuperado parcialmente la función del supraescapular, con una abducción de 20°; por ello, no se intervino sobre este nervio. 2 pacientes no tenían buena función del trapecio (M2 y M3), el resto tenían M5.

De acuerdo a lo hallazgos clínicos y de cirugía, 8 presentaban avulsión de una o dos raíces del plexo (C5 o C6); los otros 34 tenían ruptura o tracción con formación de neuroma del tronco primario superior.

Los resultados del nervio supraescapular pueden resumirse así:

22 pacientes con neurotización únicamente de la rama inferior del nervio espinal accesorio recuperaron abducción de hombro en promedio de 33° (rango de 20-45°); 8 pacientes más, a los que se les combinó con la reparación del nervio axilar, lograron un promedio de abducción de 81° (rango 60-100°).

La subluxación inferior fue constante en todos los casos. La corrección de esta subluxación fue lo primero que se recuperó en los 30 pacientes, a los 6 meses en promedio. En 12 de los 30 pacientes se obtuvo rotación externa del hombro de 46.6° (rango de 20-110°), respuesta que fue tardía, ya que se observó después de los 18 meses de cirugía.

En 6 pacientes de los 42, se realizó injerto nervioso desde la raíz C5 hasta el nervio supraescapular, técnica que muy pocas veces se hace; con ella, se logró una abducción del hombro de 20°, 20°, 20°, 30°, 30° y 30°, respectivamente. En este pequeño grupo no se obtuvo rotación externa. En 4 pacientes se realizó neurólisis del tronco primario superior, otro procedimiento por el que se opta pocas veces; con este, se obtuvo una abducción de 20°, 45°, 60° y 80°, respectivamente. 2 pacientes tuvieron recuperación de la abducción de hombro previo a la cirugía.

Por otro lado, en cuanto a la flexión del codo, los procedimientos se pueden resumir así:

Se realizó transferencia nerviosa de fascículos de cubital a nervio del bíceps en 29; en 4 de ellos, combinado con un fascículo del nervio mediano. En un paciente, la transferencia fue tomada exclusivamente del mediano.

En 29 de los 30, la contracción del bíceps inició entre los 3 y 4 meses posoperatorios. Al final, se obtuvo flexión del codo de 116° (rango 100°- 135°) y una fuerza M4 (Figuras 1-4).



**Figura 1.** Hombre de 29 años, con lesión alta de plexo braquial izquierdo por accidente de moto. No hay flexión de codo ni abducción de hombro. La mano se encontraba muy bien.



**Figura 2.** Vista posterior y lateral antes de cirugía, donde se aprecia el hombro subluxado inferiormente, sin control muscular del hombro.



**Figura 3.** Se observa detalle de la neurotización de un fascículo del nervio cubital a dos ramas del nervio musculocutáneo que van hacia el bíceps. NM: nervio mediano. La flecha blanca muestra las dos ramas para el bíceps. La flecha delgada negra muestra el fascículo ya disecado del nervio cubital. A la derecha, se aprecia la sutura entre el fascículo del cubital y las dos ramas para el bíceps.



**Figura 4.** A los 12 meses de la cirugía, el paciente había recuperado flexión de codo de 100°, abducción de hombro de 30° y rotación externa de 20°.

Un paciente no se recuperó y se reintervino a los 8 meses. En ese último procedimiento, se encontró que la sutura se había reventado; por ello, se volvió a suturar. Finalmente, se observó durante el seguimiento que no hubo recuperación de bíceps.

A 3 pacientes de los 42 se les realizó un injerto nervioso tomado del sural, para conectar desde la rama inferior del NEA

a la rama del bíceps. En estos casos, se obtuvo contracción del bíceps, 8 meses luego de la cirugía, con un resultado final de M4, M4 y M3+ y una flexión de  $120^\circ$ ,  $90^\circ$  y  $80^\circ$ , respectivamente.

En 5 pacientes, se realizó un injerto nervioso largo, conectando la raíz C5 hacia el nervio del bíceps en el brazo; de esta manera se logró, al final del seguimiento, una flexión de codo de  $100^\circ$  en promedio ( $90^\circ$ ,  $100^\circ$ ,  $100^\circ$ ,  $100^\circ$ ,  $110^\circ$ ). La recuperación fue tardía después de doce meses de la cirugía.

A 4 pacientes solo se les realizó neurólisis; de ellos, 3 obtuvieron flexión de codo de  $100^\circ$ ,  $110^\circ$  y  $135^\circ$ , al final. Un paciente requirió nueva intervención para realizar otro procedimiento, luego de observarse que no había recuperación.

A 8 de los 42 pacientes se les reconstruyó el tronco posterior o el nervio axilar; 4 de ellos con neurotización del nervio axilar con ramas del tríceps por abordaje anterior, 2 con 2 nervios intercostales al nervio axilar por abordaje anterior, y 2 pacientes con un injerto nervioso conectado desde C6 al tronco posterior.

La abducción conseguida con las ramas de la cabeza larga del tríceps fue de  $100^\circ$ ,  $100^\circ$ ,  $90^\circ$  y  $90^\circ$  (figuras 5, 6 y 7). Con los intercostales se lograron  $60^\circ$  y  $70^\circ$  de abducción, y con los del injerto desde la raíz C6 se obtuvo  $70^\circ$ .



**Figura 5.** Hombre de 32 años con lesión alta de plexo braquial izquierdo por accidente de moto.



**Figura 6.** 18 meses después de cirugía, en la que se realizó neurotización del NSE con el NEA, del nervio axilar con rama de la cabeza larga del tríceps y del nervio del bíceps con fascículo de nervio cubital. Se observa flexión de codo de  $130^\circ$  y de la abducción que llega a  $100^\circ$ .



**Figura 7.** Se observa la rotación externa obtenida de  $110^\circ$ .

Todos los pacientes, menos uno que no logró la flexión de codo, mostraron satisfacción con el resultado obtenido respecto a la flexión del codo y a la abducción de hombro; la mayor queja era la falta de rotación externa del hombro.

## Discusión

El trauma del plexo braquial está en aumento, debido -en parte- al aumento de los accidentes en moto, que es la principal causa de estas lesiones.

Durante muchos años, el abordaje de estas lesiones consistía en esperar con un proceso de rehabilitación, que resultaba muchas veces en secuelas serias.

Hoy en día está bien claro cuál es el momento en que se requiere hacer una intervención quirúrgica, tiempo que no debe sobrepasar los 9 meses del trauma, siendo el tiempo ideal de 3 a 6 meses (8-10). De otra parte, existen muchas opciones de cirugía, que permiten una mejor recuperación de los pacientes e integración a su entorno social y laboral.

La reparación de plexo braquial se hace mediante dos técnicas: neurotización o transferencia de nervio y, segundo, mediante el uso de injertos nerviosos (1-10).

De acuerdo a la funcionalidad del miembro superior, es clara la importancia de la flexión del codo. Un codo que llegue a  $90^\circ$ , requiere una abducción del hombro de  $30^\circ$ , mínimo, para optimizar la flexión del codo; Si mejoramos además en algo la rotación externa de  $30^\circ$ , se potencializa la adecuada función del hombro y del codo.

En nuestra serie, se observó que los mejores resultados respecto al hombro se lograron cuando se combinaba la reparación del nervio supraescapular a través de la neurotización del nervio espinal accesorio junto con la reparación del nervio axilar (8,11-13). Reparar sólo el nervio supraescapular dio aceptables resultados para la abducción de hombro, que, en

nuestros casos, no pasó de 45°; con la combinación del nervio axilar se mejoró significativamente la abducción en promedio de 81°.

La rotación externa en nuestra serie solo mejoró en 12 pacientes (28.5%); de estos, 5 habían recibido reparación del nervio axilar por abordaje anterior o axilar. Esta recuperación fue tardía, no antes de 18 meses. Se puede explicar por reinervación lenta del músculo infraespinoso, que está en segundo lugar después del supraespinoso, en el camino de la reinervación (5). En los casos de reinervación de nervio axilar, se explica por recuperación del músculo redondo menor (12,13).

Algunos reportes muestran que la neurotización directa del nervio espinal accesorio puede mejorar la abducción entre 20° y 50° (4,5,10,14). Terzis (14) mostró resultados similares entre la neurotización directa con el supraescapular ( $57,7 \pm 21,1$ ) o con injerto de nervio desde una raíz disponible ( $57,6 \pm 31,8$ ); incluso, estos resultados fueron mejores que otras reconstrucciones por fuera del plexo diferentes al nervio espinal accesorio ( $45 \pm 27$ ). Algunos autores prefieren no usar la neurotización del NSE con el NEA, pues argumentan que no da buenos resultados en la abducción y prefieren realizar una artrodesis de hombro, preservando —en este caso— el NEA para dejar el trapecio totalmente intacto (7,15).

Algunos reportes le están dando importancia a la neurotización intrapleural, usando una parte de la raíz C7, para reconstruir el nervio supraescapular, cuando no es posible usar el nervio espinal. También con C7 ipsilateral se puede reconstruir el resto de tronco primario superior para lograr flexión del codo. Hoy es una alternativa adicional que podemos usar (16-18).

Respecto a la recuperación del bíceps, se tuvo la oportunidad de reparar algunos casos con injerto nervioso de alguna raíz y también con injerto nervioso transfiriendo la rama inferior del nervio espinal accesorio. Estos procedimientos dan resultados aceptablemente buenos, con flexión entre 90° y 110°; como salvedad, la recuperación fue tardía, alrededor de un año (4,5,7). En cambio, cuando se empezó a usar la técnica de transferencias de fascículos del nervio cubital hacia el nervio del bíceps, permitió que la recuperación fuera más rápida, teniendo en esta serie una flexión promedio de 116° y fuerza de M4 (6,7). Hoy esta técnica es el estándar de oro para la reconstrucción de la flexión del codo en las lesiones altas de plexo braquial. Se puede emplear esta misma filosofía de tratamiento con fascículos del nervio mediano, o combinando fascículos de cubital y de mediano, para transferirlos a los nervios del bíceps y del braquial anterior respectivamente, lo que mejoría la potencia de la flexión del codo (19,20).

En casos de avulsión de C5 y de C6, la combinación de diversas transferencias nerviosas es la indicación, contando para ello con el nervio espinal accesorio y la raíz C7 ipsilateral; ya más distal, en la axila y el brazo, tenemos a las ramas del tríceps y a los nervios mediano y cubital.

Transferir el nervio espinal accesorio o la raíz C7 al nervio supraescapular, ramas del tríceps hacia el nervio axilar por vía posterior o vía axilar, es lo recomendado para activar la abducción y rotación externa del hombro. Particularmente, el autor prefiere el abordaje por axila para reactivar el nervio axilar.

La transferencia de fascículos del nervio cubital o del mediano, o ambos hacia el bíceps y al braquial anterior, es una técnica segura y reproducible para lograr la flexión del codo hoy en día.

Las lesiones de plexo braquial y su tratamiento han venido evolucionando, y hoy se tienen mejores resultados en la reparación de estas dramáticas lesiones.

### Conflicto de intereses

Ninguno declarado por los autores.

### Financiamiento

Ninguno declarado por los autores.

### Agradecimientos

Ninguno declarado por los autores.

### Referencias

1. **Giuffre JL, Kakar S, Bishop AT, Spinner RJ, Shin AY.** Current concepts of the treatment of adult brachial plexus injuries. *J Hand Surg Am* [Internet]. 2010;35(4):678-88. Erratum in: *J Hand Surg Am*. 2010;35(7):1226. doi: <http://doi.org/b297rm>.
2. **Bertelli JA, Ghizoni MF.** Results and current approach for Brachial Plexus Reconstruction. *J Brachial Plex and Peripher Nerve Inj* [Internet]. 2011;6:2. doi: <http://doi.org/dkr3wq>.
3. **Robla-Costales J, Scolovsky M, Di Masi G, Robla-Costales J, Domitrovic L, Campero A, Fernández-Fernández J, Ibáñez-Plágaro J, García J.** [Nerve reconstruction techniques in traumatic brachial plexus surgery. part 2: intraplexal nerve transfer]. *Neurocirugía* [Internet]. 2011;22(6):521-34. Spanish. doi: <http://doi.org/z2h>.
4. **Vergara-Amador E.** [Combined nerve transfers in the treatment of upper brachial plexus injuries]. *Rev Cubana Ortop Traumatol* [Internet]. 2012;26(2):128-42. Spanish. Available from: <http://goo.gl/wo9bGu>.

5. **Narakas AO, Hentz VR.** Neurotization in brachial plexus injuries. Indications and results. *Clin Orthop Relat Res.* 1988;(237):43-56. PubMed PMID:3056647.
6. **Oberlin C, Beal D, Leechavengvongs S, Salon A, Dauge MC, Sarcy JJ.** Nerve transfer to biceps muscle using a part of ulnar nerve for C5-C6 avulsion of the brachial plexus: anatomical study and report of four cases. *J Hand Surg Am* [Internet]. 1994;19(2):232-7. doi: <http://doi.org/ft252q>
7. **Oberlin C, Durand S, Belheyar M, Shafi M, David E, Asfazadourian H.** Nerve transfers in brachial plexus palsies. *Chir Main* [Internet]. 2009;28(1):1-9. doi: <http://doi.org/cm4x87>.
8. **Bertelli JA, Ghizoni MF.** Reconstruction of C5 and C6 brachial plexus avulsion injury by multiple nerve transfers: spinal accessory to suprascapular, ulnar fascicles to biceps branch, and triceps long or lateral head branch to axillary nerve. *J Hand Surg Am* [Internet]. 2004;29(1):131-9. doi: <http://doi.org/bp2z67>.
9. **Addas BM, Midha R.** Nerve transfers for severe nerve injury. *Neurosurg Clin N Am* [Internet]. 2009;20(1):27-38. doi: <http://doi.org/df9tt7>.
10. **Colbert SH, Mackinnon SE.** Nerve Transfers for Brachial Plexus Reconstruction. *Hand Clin* [Internet]. 2008;24(4):341-61. doi: <http://doi.org/bmddbkk>.
11. **Leechavengvongs S, Witoonchart K, Uerpaiojkit C, Thuvasetha-kul P.** Nerve transfer to deltoid muscle using the nerve to the long head of the triceps, part II: a report of 7 cases. *J Hand Surg Am* [Internet]. 2003;28(4):633-8. doi: <http://doi.org/dqh8v>.
12. **Bertelli JA, Kechele PR, Santos MA, Duarte H, Ghizoni MF.** Axillary nerve repair by triceps motor branch transfer through an axillary access: anatomical basis and clinical results. *J Neurosurg* [Internet]. 2007;107(2):370-7. doi: <http://doi.org/dh5fp9>.
13. **Bertelli JA, Ghizoni MF.** Transfer of the accessory nerve to the suprascapular nerve in brachial plexus reconstruction. *J Hand Surg Am* [Internet]. 2007;32(7):989-98. doi: <http://doi.org/cvghxx>.
14. **Terzis JK, Kostas I.** Suprascapular nerve reconstruction in 118 cases of adult posttraumatic brachial plexus. *Plast Reconstr Surg* [Internet]. 2006;117(2):613-29. doi: <http://doi.org/bp5fvg>.
15. **Malessy MJ, de Ruiter GC, de Boer KS, Thomeer RT.** Evaluation of suprascapular nerve neurotization after nerve graft or transfer in the treatment of brachial plexus traction lesions. *J Neurosurg* [Internet]. 2004;101:377-89. doi: <http://doi.org/bj86bd>.
16. **Gu YD, Cai PQ, Xu F, Peng F, Chen L.** Clinical application of ipsilateral C7 nerve root transfer for treatment of C5 and C6 avulsion of brachial plexus. *Microsurgery* [Internet]. 2003;23(2):105-8. doi: <http://doi.org/dkx2ww>.
17. **Yin HW, Jiang S, Xu WD, Xu L, Xu JG, Gu YD.** Partial ipsilateral C7 transfer to the upper trunk for C5-C6 avulsion of the brachial plexus. *Neurosurgery* [Internet]. 2012;70(5):1176-81. doi: <http://doi.org/czpfcp>.
18. **Vergara-Amador E, Ramirez A.** [Ipsilateral brachial plexus C7 root transfer. Presentation of a case and a literature review]. *Neurocirugia (Astur)* [Internet]. 2014;25(1):20-3. Spanish. doi: <http://doi.org/f2gj7x>.
19. **Mackinnon SE, Novak CB, Myckatyn TM, Tung TH.** Results of Reinnervation of the Biceps and Brachialis Muscles with a Double Fascicular Transfer for Elbow Flexion. *J Hand Surg* [Internet]. 2005;30(5):978-85. doi: <http://doi.org/dh3c4d>.
20. **Liverneaux PA, Diaz LC, Beaulieu JY, Durand S, Oberlin C.** Preliminary Results of Double Nerve Transfer to Restore Elbow Flexion in Upper Type Brachial Plexus Palsies. *Plast Reconstr Surg* [Internet]. 2006;117:915-9. doi: <http://doi.org/fcnbqh>.