

Combinación de transferencias nerviosas en el tratamiento de lesiones altas del plexo braquial

Combined nerve transfers in the treatment of upper brachial plexus injuries

Combinaison des transferts nerveux dans le traitement des lésions du plexus brachial

Prof. Enrique Vergara Amador

Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

RESUMEN

Introducción: en las lesiones altas del plexo braquial se dirige la recuperación de la abducción y flexión del hombro con transferencia del nervio espinal accesorio al nervio supraescapular. El nervio axilar se reconstruye con injertos nerviosos si hubiera disponibilidad de C5 o C6, o con transferencias nerviosas de ramas del tríceps o de intercostales. La flexión del codo se logra con fascículos nerviosos del cubital al nervio del bíceps.

Objetivo: mostrar los resultados en una serie de pacientes con lesión alta del plexo braquial tratados con transferencias nerviosas.

Métodos: se estudiaron 34 pacientes con lesión de C5-C6 operados entre 2003 y 2010. Se realizó neurotización del espinal al nervio supraescapular, transferencia de fascículos del cubital al nervio del bíceps y en algunos casos de rama del tríceps al nervio axilar. Las cirugías se hicieron entre los 4 y 12 meses de la lesión.

Resultados: en los pacientes con neurotización del axilar con rama del tríceps se obtuvo 110 grados de abducción. La transferencia con fascículos del cubital al bíceps resultó buena, con 118 grados de flexión y fuerza M4; también fueron mejores y más rápidos que los reconstruidos con injertos de nervios. Con la transferencia del espinal accesorio se logró 35 grados de abducción del hombro a los 14 meses. Con el tiempo se recupera un poco más la abducción y aparece la rotación externa, esta última fue

de 47 grados en 10 pacientes después de los 18 meses. Usar un nervio del tríceps al nervio axilar mejora la abducción del hombro, en 3 pacientes se logró 110 grados de abducción.

Conclusión: hoy día se logran mejores resultados con técnicas de transferencias nerviosas en las lesiones altas del plexo braquial y es el estándar de tratamiento de las avulsiones de C5 y C6.

Palabras clave: neuropatías del plexo braquial, nervio del bíceps, transferencia de nervios, neurotización, nervio supraescapular.

ABSTRACT

Introduction: in upper brachial plexus injuries, recovery of shoulder abduction and flexion is based on spinal accessory to suprascapular nerve transfer. The axillary nerve is reconstructed with nerve grafts if there is availability of C5 or C6, or with nerve transfers of triceps or intercostal branches. Elbow flexion is achieved with nerve fascicles from the cubital to the biceps nerve.

Objective: present the results obtained in a series of patients with upper brachial plexus injuries treated with nerve transfers.

Methods: a study was conducted of 34 patients with C5-C6 injuries operated on between 2003 and 2010. Spinal to suprascapular nerve neurotization was performed, as well as transfer of fascicles from the cubital to the biceps nerve, and in some cases of triceps branch to the axillary nerve. Surgery was performed within 4 to 12 months from the injury.

Results: 110 degrees abduction was obtained in patients with axillary neurotization with triceps branch. Transfer with cubital to biceps fascicles was good, with 118 degrees flexion and M4 strength. They were also better and faster than those reconstructed with nerve grafts. 35 degrees shoulder abduction was achieved with spinal accessory transfer at 14 months. Over time, abduction is further restored, and external rotation appears. In 10 patients external rotation was 47 degrees after 18 months. Triceps to axillary nerve transfer improves shoulder abduction. 110 degrees abduction was achieved in 3 patients.

Conclusion: better results are currently obtained with nerve transfer techniques in upper brachial plexus injuries. This is the standard treatment for C5 and C6 avulsions.

Key words: brachial plexus neuropathies, biceps nerve, nerve transfer, neurotization, suprascapular nerve.

RÉSUMÉ

Introduction: dans les lésions du plexus brachial, la correction de l'abduction et de la flexion de l'épaule est caractérisée par un transfert du nerf spinal accessoire sur le nerf supra-scapulaire. Le nerf axillaire est reconstruit par des greffes nerveuses si la racine C5 ou C6 est disponible, ou par des transferts nerveux des branches du muscle triceps ou des muscles intercostaux. La flexion du coude est rétablie grâce aux fascicules nerveux du cubital sur le nerf du muscle biceps.

Objectifs: montrer les résultats d'une série de patients atteints de lésion du plexus brachial et traités par transferts nerveux.

Méthodes: trente-et-quatre patients atteints de lésions des racines C5 et C6, opérés entre 2003 et 2010, ont été étudiés. Une neurotisation du nerf spinal sur le nerf supra-scapulaire, et un transfert des fascicules du cubital sur le nerf du biceps, et dans certains cas, de la branche du triceps sur le nerf axillaire, ont été réalisés.

Résultats: une abduction de 110 degrés a été obtenue chez les patients traités par neurotisation du nerf axillaire avec une branche du triceps. Le transfert des fascicules du cubital sur le muscle biceps a été bon, avec une flexion de 118 degrés et force M4 ; ils ont été mieux et plus rapidement reconstruits que ceux des greffes nerveuses. Le transfert du nerf spinal accessoire a réussi une abduction de l'épaule de 35 degrés à 14 mois. L'abduction s'est récupérée avec le temps, et la rotation externe étant de 47 degrés chez 10 patients s'est rétablie après 18 mois. L'abduction de l'épaule s'est rétablie à l'aide d'un nerf du triceps sur le nerf axillaire (110 degrés chez 3 patients).

Conclusion: aujourd'hui, de meilleurs résultats sont obtenus grâce aux techniques des transferts nerveux dans les lésions du plexus brachial, et c'est le traitement standard des avulsions de C5 et de C6.

Mots clés: neuropathies du plexus brachial, nerf du biceps, transfert nerveux, neurotisation, nerf supra-scapulaire.

INTRODUCCIÓN

Las lesiones del plexo braquial frecuentemente afectan a la población joven y trabajadora, lo que conlleva a daños socioeconómicos alrededor de la familia. Muchos de estos accidentes son ocasionados en moto. En Colombia hay una tasa alta de accidentabilidad y entre estos es más frecuente la combinación de accidentes en moto con el consumo de alcohol.

En la década de los sesenta se consideraba que la cirugía de plexo braquial no conducía a ningún beneficio. Con el advenimiento de las técnicas microquirúrgicas, con nuevos materiales y con un mejor conocimiento de la anatomía, histología y de los procesos de regeneración nerviosa, este panorama ha cambiado totalmente.¹ Hoy en día cualquier lesión del plexo braquial tiene algún tipo de tratamiento, obteniéndose resultados funcionales aceptables.

En las lesiones altas de plexo braquial donde se compromete el tronco primario superior o las raíces C5 y C6, es cuando se han logrado mejores resultados con nuevas técnicas de reparación, y se incluyen las transferencias nerviosas o neurotizaciones.²⁻⁵

El nervio supraescapular, que va a inervar al músculo supraespinoso e infraespinoso, es reparado por intermedio de la transferencia del nervio espinal accesorio.³⁻⁶ En ocasiones se puede conectar de una raíz C5 disponible a través de un pequeño injerto nervioso.

El nervio axilar puede ser reconstruido a través de una neurotización de alguna rama del triceps (si este se encontrara intacto) o a través de injertos nerviosos si hay raíz disponible.⁷⁻¹¹ En caso de no tener raíces disponibles y con compromiso de C7, puede recurrirse a usar nervios intercostales.

Por último, la estrategia actual para recuperar la flexión de codo se hace a través de una neurotización de 1 a 2 fascículos del nervio cubital en la parte proximal del brazo. Se pueden usar también fascículos del nervio mediano en algunos casos para transferir independientemente al músculo braquial anterior.

El objetivo del presente trabajo es mostrar los resultados en una serie de pacientes con lesiones altas del plexo braquial, tratados con transferencias nerviosas del nervio supraescapular, el nervio axilar y con fascículos del nervio cubital.

MÉTODOS

Es un estudio descriptivo tipo serie de casos de pacientes con diagnóstico de lesión en las raíces superiores del plexo braquial o del tronco primario superior operados por el autor entre 2003 y 2010.

Se estudiaron 34 hombres con lesión alta del plexo braquial (tronco primario superior o raíces C5-C6), tomados de una población total de pacientes operados por el autor.

El diagnóstico y la toma de decisión quirúrgica se hicieron por el examen físico. La electromiografía más neuroconducción se tuvo en todos los pacientes, pero no fue de mucha ayuda en la toma de decisión de cirugía. En algunos casos se realizó resonancia magnética, que resultó de ayuda cuando aparecían los datos sugestivos de avulsión de raíces. 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 la cual M0 es parálisis total y M5 es arco de movimiento completo contra la gravedad y contra resistencia.

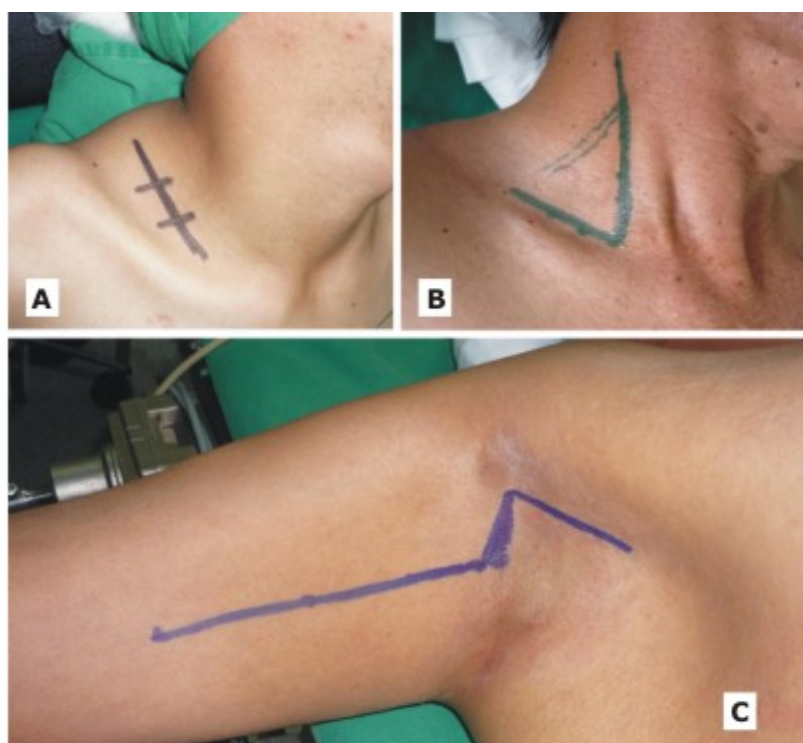
Todas las mediciones se hicieron con un goniómetro.

Los datos se almacenaron y analizaron con estadística descriptiva en el programa Excel 2007.

Técnica quirúrgica

Se pueden usar dos tipos de abordajes, una transversa o una clásica en Zeta, que permite mayor exposición del plexo (Fig. 1 A y B). El abordaje transversal, que es mejor estéticamente, permite visualizar el neuroma, pero con dificultades para observar si hay alguna disponibilidad de una raíz proximal y, si la hubiera, dificultaría un poco hacer la reparación nerviosa. Se logra identificar bien el nervio supraescapular igualmente al nervio espinal accesorio. Este último debe ser identificado con ayuda de un estimulador de nervio periférico, y hay que recordar que no debe ser tomado todo el nervio, solo se debe tomar como donante la rama inferior, que es la que va al trapecio inferior. Se debe conservar la rama superior para el trapecio superior.

Si se encuentra raíz disponible, se puede entonces usar para conectar con injertos nerviosos hacia el nervio axilar. En este caso se hace un abordaje infraclavicular y se localiza el nervio axilar inferior al coracoides y al tendón conjunto del pectoral menor y porción corta del bíceps. Localizado el nervio axilar se define si el injerto va a suplir en su mayor parte a la rama que va al deltoides o la que va al músculo redondo menor.



A: incisión transversa, B: incisión clásica en Zeta, C: incisión en la parte proximal del brazo para acceder al nervio del bíceps y cubital, y localizar el nervio axilar a su entrada a espacio cuadrilátero.

Fig. 1. Tipos de abordaje.

Si se encuentra raíz disponible, se puede entonces usar para conectar con injertos nerviosos hacia el nervio axilar. En este caso se hace un abordaje infraclavicular y se localiza el nervio axilar inferior al coracoides y al tendón conjunto del pectoral menor y porción corta del bíceps. Localizado el nervio axilar se define si el injerto va a suplir en su mayor parte a la rama que va al deltoides o la que va al músculo redondo menor.

Cuando no hay disponibilidad de raíces, se hace un abordaje en la parte proximal del brazo llegando hasta la axila (Fig. 1 C). En este abordaje se puede realizar la neurotización del nervio axilar y del nervio del bíceps. Se localiza el nervio axilar cuando va a pasar el espacio cuadrilátero alrededor de la parte inferior de la cabeza humeral (Fig. 2), se disea una de las 2 ramas descritas, la que va al deltoides o la que va al redondo menor.¹¹ Luego en la parte proximal del brazo se localiza la rama del nervio radial que va al tríceps medial y se secciona distalmente para conectarse como transferencia nerviosa al nervio axilar (Fig. 3 A y B) ¿De qué depende que se conecte a la rama del deltoides o a la del redondo menor? Recordar que el deltoides es un abductor y flexor del hombro, en cambio el redondo menor es un rotador externo, siendo un músculo pequeño pero de una gran funcionalidad, porque la rotación externa es indispensable para optimizar la flexión y función del codo. Si se tiene de buen grosor la rama del tríceps medial entonces se prefiere conectar hacia la rama del deltoides. Si fuere lo contrario, es decir, de un grosor delgado, se prefiere en este caso conectar a la rama del redondo menor, que es más pequeña y con menos necesidades de fascículos.^{9,11}

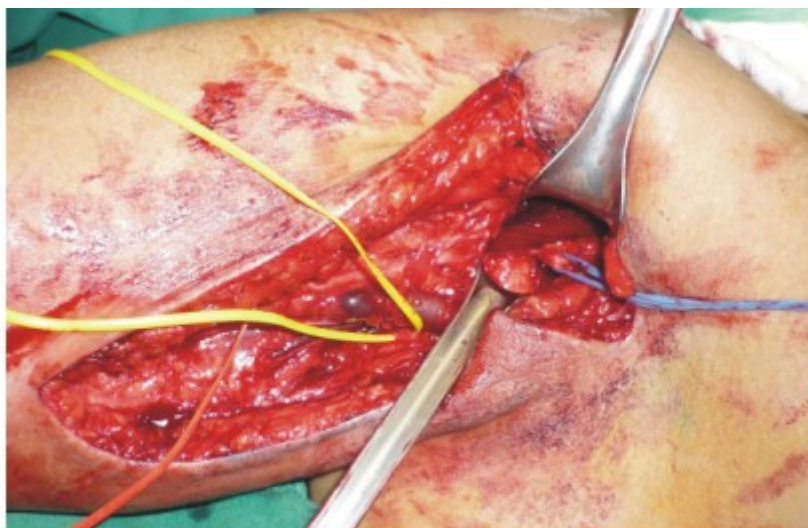
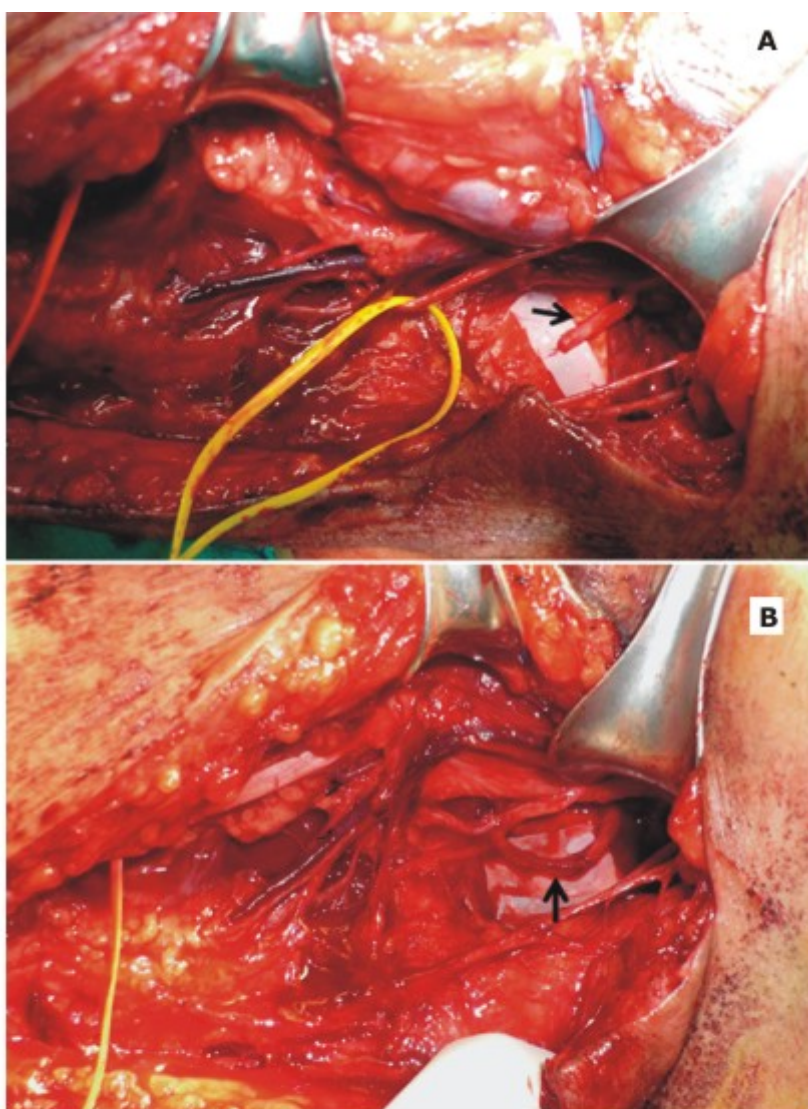


Fig. 2. Nervio axilar reparado con elástico azul, al lado del tendón del dorsal ancho.

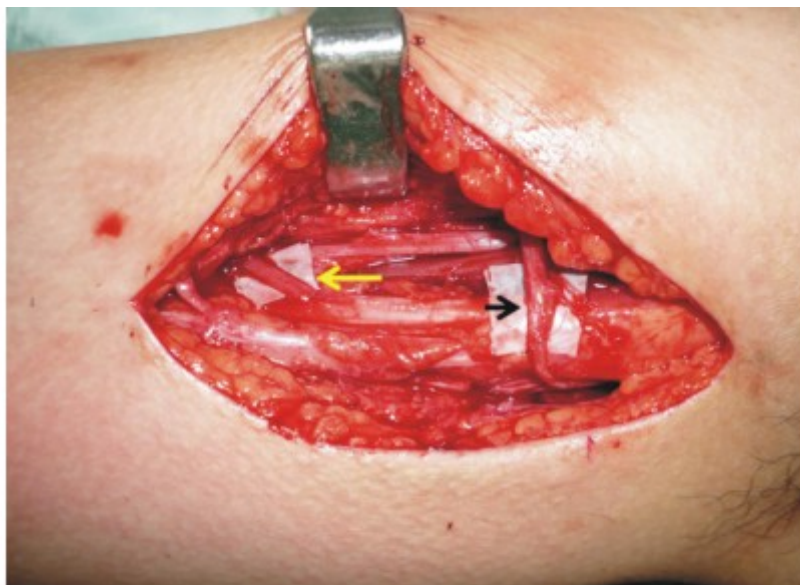
Por ese mismo abordaje, en la parte más distal de este, se localiza el nervio musculocutáneo en su trayecto medial y por debajo del bíceps, aislándose la rama principal que va al bíceps, pueden encontrarse 1 o 2 ramas al mismo tiempo. Cuando hay 2 ramas, se realiza una disección intraneural desde la rama más distal hacia la proximal, tratando de aislar el grupo fascicular origen de las 2 ramas al bíceps.

Luego se diseca y localiza el nervio cubital, técnica descrita por *Oberlin*,¹² se hace una disección intraneural identificando 3 a 5 fascículos. Con la ayuda del estimulador de nervio se identifican los fascículos que aporten más a la flexión de muñeca, y este es el que se va a transferir hacia el nervio del bíceps (Fig. 4). Todas las suturas se hacen con ayuda de microscopio o de gran magnificación y son suturadas con monofilamento de nailon 8 o 9 cero.



A: en amarillo, la rama nerviosa del radial que se dirige a la porción medial del tríceps; con flecha negra, la rama del nervio axilar, ya seccionado, que se dirige al músculo deltoides anterior y medio.
B: flecha negra: sutura entre la rama del tríceps medial con la rama del nervio axilar.

Fig. 3. Transferencia nerviosa.



Flecha amarilla: conexión de rama hacia el músculo braquial anterior con el nervio mediano. Flecha negra: conexión entre un fascículo del nervio cubital con el nervio del bíceps (técnica de Oberlin).

Fig. 4. Parte proximal del brazo.

Consideraciones éticas

Las implicaciones éticas del presente estudio fueron mínimas, porque correspondieron a un estudio sin riesgos, utilizando la información presente en las historias clínicas, sin ninguna intervención en los pacientes. La información se mantuvo en absoluta confidencialidad y fue de uso exclusivo de los investigadores. Todos los pacientes tenían consentimiento informado para la cirugía y autorizaron la reproducción de imágenes clínicas y radiológicas conservando la confidencialidad de los pacientes.

RESULTADOS

Se estudiaron 34 hombres con lesión de las raíces superiores del plexo braquial o del tronco superior, con una edad promedio de 30 años (rango entre 20 y 63 años).

El seguimiento mínimo fue de 14 meses; 33 casos fueron secundarios a trauma en moto, y uno fue ocasionado por herida por proyectil de arma de fuego. Los pacientes fueron operados dentro de los 4 a 12 meses posteriores a la lesión con un promedio de 6,8 meses.

Antes de la cirugía, 1 paciente había recuperado parcialmente la función del supraespinoso, con una abducción de 20 grados, por lo que no se intervino sobre este nervio. En 2 pacientes no había buena funcionalidad del trapecio (M2 y M3), el resto tenían M5.

De los 34 pacientes, 6 presentaron avulsión de 1 o 2 raíces del plexo (C5 o C6); los 28 pacientes restantes tuvieron ruptura o tracción del tronco primario superior.

Respecto a los resultados logrados en el bíceps, se pueden resumir de la manera siguiente:

A 24 pacientes se les realizó transferencia nerviosa de fascículos del cubital hacia el bíceps. En 4 de estos 24, el nervio donante para la transferencia nerviosa fueron fascículos del nervio mediano y cubital al mismo tiempo. En un paciente se realizó la técnica anterior con fascículos exclusivamente del nervio mediano. En todos ellos, la contracción del bíceps inició entre los 3 y 4 meses posoperatorios. En la evaluación final, se encontró en promedio de 118 grados de flexión del codo, con un rango entre 100 y 135 grados, y una fuerza M4 (Figs. 5 y 6).



Fig. 5. Paciente de 27 años con lesión alta de plexo braquial derecho secundario a accidente en moto. Se aprecia subluxación inferior del hombro paralítica, con parálisis y atrofia de músculos deltoides, supraespinoso, infraespinoso y del bíceps.

En dos pacientes se realizó injerto nervioso desde el nervio espinal accesorio hacia el nervio del bíceps en el brazo, obteniéndose contracción del bíceps alrededor de los 8 meses de la cirugía, con un resultado final de M4 y M3+ y una flexión de 120 y 80 grados, respectivamente.

En 4 pacientes se reconstruyó el nervio del bíceps con injertos nerviosos tomados del sural, conectados desde la raíz C5 proximal, obteniéndose una flexión del codo de 100 grados en promedio (90, 100, 100 y 110 grados). Esta recuperación se inició después de los 12 meses de cirugía.



Fig. 6. A los 14 meses de cirugía, se observa flexión de codo de 100 grados, y abducción-flexión de hombro de 45 grados. Aún no se aprecia rotación externa.

Respecto a los resultados con la reparación del nervio supraescapular se puede resumir en lo siguiente:

En 5 pacientes se reconstruyó el nervio supraescapular con injerto nervioso desde la raíz C5, se obtuvo al seguimiento una abducción del hombro de 20, 20, 20, 30 y 30 grados. No se logró rotación externa en este grupo de pacientes.

En 21 pacientes se realizó neurotización del nervio supraescapular con el nervio espinal accesorio. La abducción del hombro lograda fue en promedio de 35 grados (rango entre 20 y 60 grados). Solo en 10 pacientes se obtuvo rotación externa en promedio de 47 grados (20-120 grados), siendo esta respuesta tardía, observada después de los 18 meses de cirugía (Figs. 7 y 8). En el resto de los pacientes no se había encontrado respuesta al seguimiento. Es de anotar que muchos dejaron de asistir a la consulta después de los 24 meses de cirugía. En solo 3 pacientes del resto que no habían recuperado la rotación externa, tenían seguimiento mayor de 3 años.



Fig. 7. Paciente de 38 años con lesión alta de plexo braquial izquierdo, secundaria a un accidente en moto. Se observa subluxación inferior glenohumeral y la escápula ligeramente inestable.



Fig. 8. Paciente a los 26 meses de cirugía con neurotización de bíceps con fascículos de cubital y de nervio supraescapular con el espinal accesorio. Se aprecia flexión de codo de 130 grados con fuerza M4 y abducción de hombro de 30 grados, también la rotación externa recuperada a 120 grados. El hombro se encuentra estable sin subluxación inferior.

En 3 pacientes se practicó neurolisis del tronco primario superior a los 6 meses de la lesión, técnica que se decidió intraoperatoriamente de acuerdo con los hallazgos del plexo. La flexión de codo obtenida en ellos fue de 100, 110 y 135 grados al final del seguimiento, mientras que la abducción del hombro fue de 20, 45 y 80 grados, respectivamente. En otro paciente con neurolisis a los 4 meses, no se obtuvo respuesta clínica a los 4 meses posoperatorios, entonces se optó por un procedimiento de neurotización tipo *Oberlin*.

En 4 pacientes que se les practicó transferencia nerviosa al nervio axilar con ramas de tríceps medial en 3 casos, y con intercostales en un caso, la abducción lograda fue de 110 grados en promedio para los transferidos con ramas del tríceps medial (120, 100 y 110 grados), y de 70 grados para el realizado con los intercostales.

Todos los pacientes mostraron satisfacción con el resultado respecto a la flexión el codo y a la abducción de hombro, siendo su mayor inconformidad la falta de rotación externa de este en los que no se habían recuperado.

DISCUSIÓN

Durante muchos años, desde cuando se vio que la cirugía mejoraba los resultados en las lesiones de plexo braquial, fue usada la reconstrucción de la lesión de los nervios o troncos afectados, con la interposición de injertos nerviosos cuando se disponía de raíces proximales de buena calidad.^{13,14} En los casos de avulsión, donde no se disponía de raíces proximales, se inició el uso de transferencias nerviosas.²⁻⁴

*Oberlin*¹² describió la técnica de transferencias de fascículos del nervio cubital hacia el nervio del bíceps y esta técnica permitió mejorar los resultados en cuanto a tiempo de recuperación y funcionalidad de codo. Esto mejoró el panorama en la reconstrucción de la flexión de codo en los casos de avulsión. Hoy esta técnica es usada asimismo en los casos de no avulsión, donde los resultados son un poco mejores y más rápidos que los reconstruidos con injerto de nervios. Nosotros obtuvimos 118 grados en promedio de flexión con fuerza de M4 con esta técnica, flexión que inició entre los 3 y 4 meses de cirugía, comparables con los reportes de la literatura, y fue aún mejor que los otros casos donde usamos interposición de injerto desde la raíz C5 o de la rama inferior del nervio espinal accesorio.^{5,15}

No se observó pérdida de la función del nervio cubital o mediano. En 3 pacientes hubo mínimas disestesias en el territorio del nervio cubital, y uno en el territorio del nervio mediano. Esto fue pasajero, con una duración no mayor que 3 semanas.

Para lograr una buena funcionalidad en las actividades básicas diarias con la flexión de codo, se requiere mínimo unos 30 grados de abducción o rotación externa de 30 grados del hombro. Esto es posible con la sola transferencia del nervio espinal accesorio hacia el nervio supraescapular.

Diversos reportes muestran entre 20 y 50 grados de abducción con la neurotización directa del nervio espinal accesorio.²⁻⁶ Es posible también realizar un injerto nervioso conectado desde la raíz proximal de C5 disponible al nervio supraescapular. *Terzis*¹⁶ reportó similares resultados entre la neurotización directa con el supraescapular ($57,7 \pm 21,1$) o con una reconstrucción intrapleural con injerto nervioso ($57,6 \pm 31,8$), con un seguimiento de 5,5 años (2 a 14 años). Estos resultados fueron mejores que otras reconstrucciones extrapleurales diferentes al nervio espinal accesorio (45 ± 27).

En los pacientes de esta serie se logró 35 grados en promedio de abducción del hombro con esta transferencia. Cabe anotar que el seguimiento mínimo de nuestros pacientes fue de 14 meses, mucho menos que el descrito por *Terzis*, y además se observó que los pacientes con mayor seguimiento tenían abducción mayor que 40 grados. Con el tiempo se recupera un poco más la abducción y aparece la recuperación de la rotación externa.

La rotación externa conseguida de 47 grados en promedio en los 10 pacientes que lo hicieron después de los 18 meses, mejoró notablemente la funcionalidad de ellos. Esto fue posible solo con la reinervación dada a través del nervio supraescapular. Todos los pacientes que tenían estos mínimos movimientos en el hombro estaban contentos con el resultado funcional. Es claro que la recuperación del infraespinoso es más tardía o nunca lo hace, porque en el primer camino está el supraespinoso; el cual atrae la mayoría de las fibras que están creciendo.¹⁴

Respecto a la función clínica posoperatoria del músculo trapecio, no se observaron alteraciones aparentes.

La neurotización del nervio axilar con ramas del tríceps, en combinación con la neurotización del nervio supraescapular, ha mejorado la abducción y rotación externa del hombro.^{5,15,17} El uso de nervios del tríceps para el nervio axilar se describió por primera vez por *Lurje* en 1948, en un solo caso.¹⁸

Leechavengvongs y otros¹⁵ obtuvieron 115 grados de abducción combinando las 2 técnicas, y *Bertelli* y *Gonzin*⁵ consiguieron 92 grados (65-120 grados). Estos autores transfirieron el nervio axilar por abordaje posterior, en el intervalo desarrollado entre la cabeza lateral y larga del tríceps. *Bertelli*¹¹ describió más tarde el abordaje anterior por la axila, prefiriendo hacer la neurotización de la rama de la cabeza larga del tríceps hacia el nervio axilar, sobre todo hacia la rama que se dirige al redondo menor, tratando de mejorar más la rotación externa. Nosotros hemos adoptado esta técnica y abordaje en los últimos pacientes para tratar de mejorar más la rotación externa y abducción de ellos. En los 3 pacientes que se realizó con esta técnica por vía anterior, hacia la rama más lateral que es la que se dirige al deltoides anterior y medio, se obtuvo 110 grados de abducción en promedio.

Hoy en día es recomendado hacer la reparación del nervio supraescapular y del nervio axilar si es posible de acuerdo con los nervios donantes que se tengan. Si no es posible hacer los 2, entonces es preferible hacer en primera instancia el nervio supraescapular.

Las transferencias nerviosas tienen varias ventajas, entre ellas, que permiten una rápida recuperación porque el nervio donador entra al músculo objetivo lo más cercano posible, y que no se usa injerto nervioso, permitiendo una rápida regeneración nerviosa sin cruzar dos sitios de obstrucción en las suturas del injerto.

Múltiples transferencias nerviosas en lesiones por avulsión de C5 y C6 es la recomendación estándar. La transferencia del nervio espinal accesorio al nervio supraescapular, ramas del tríceps lateral o de la cabeza larga hacia el nervio axilar por vía posterior o vía axilar es lo recomendado para activar la abducción y rotación externa del hombro. Nosotros preferimos actualmente el abordaje por vía axilar para trabajar al nervio axilar.

Para la flexión del codo, la transferencia de fascículos del nervio cubital hacia el bíceps es una técnica segura y considerada estándar.

En las lesiones extrarraquídeas con raíces proximales disponibles, aún esta estrategia es usada, excepto que el nervio axilar puede ser conectado con injertos nerviosos desde la raíz disponible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Robotti E, Longhi P, Verna G, Bocchiotti G. Brachial plexus surgery: an historical perspective. *Hand Clin.* 1995;11(4):517-33.
2. Narakas AO, Hentz VR. Neurotization in brachial plexus injuries. Indications and results. *Clin Orthop Relat Res.* 1988Dec; (237):43-56.
3. Allieu Y, Cenac P. Neurotization via the spinal accessory nerve in complete paralysis due to multiple avulsion injuries of the brachial plexus. *Clin Orthop Relat Res.* 1988Dec; (237):67-74.
4. Chuang DC. Neurotization procedures for brachial plexus injuries. *Hand Clin.* 1995;11(4):633-45.
5. 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.* 2004;29(1):131-9.
6. Bertelli JA, Ghizoni MF. Transfer of the accessory nerve to the suprascapular nerve in brachial plexus reconstruction. *J Hand Surg Am.* 2007Sep;32(7):989-98.
7. Sedel L. Repair of the circumflex nerve using an inferior approach. *Rev Chirurg Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1985;71(Suppl 2):59-61.
8. Zhao X, Hung LK, Zhang GM, Lao J. Applied anatomy of the axillary nerve for selective neurotization of the deltoid muscle. *Clin Orthop Relat Res.* 2001Sep; (390):244-51.
9. Leechavengvongs S, Witoonchart K, Uerpaiojkit C, Thuvasettha-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.* 2003;28(4):633-8.
10. Tubbs RS, Tyler-Kabara EC, Aikens AC, Martin JP, Weed LL, Salter EG, et al: Surgical anatomy of the axillary nerve within the quadrangular space. *J Neurosurg.* 2005;102(5):912-4.
11. 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.* 2007Aug;107(2):370-7.
12. Oberlin C, Beal D, Leechavengvongs S, Salon A, Dauge MC, Sarcy JJ. Nerve transfer to biceps muscle using part of ulnar nerve for C5C6 avulsion of the brachial plexus: anatomical study and report of four cases. *J Hand Surg Am.* 1994;19(2):232-7.

13. Narakas AO. Brachial plexus lesions. En: Leung PC, Gu YD, Ikuta Y, Narakas A, Landi A, Weiland AJ, editors. Microsurgery in orthopaedic practice. Singapore: World Scientific; 1995. p. 188-254.
14. Narakas AO. Les atteintes paralytiques de la ceinture scapulo-humérale et de la racine du membre. En: Tubiana R, editor. Traité de chirurgie de la main. Paris: Masson; 1991. p. 113-54.
15. Leechavengvongs S, Witoonchart K, Uerpaiojkit C, Thuvasethakul P, Malungpaishrope K. Combined nerve transfers for C5 and C6 brachial plexus avulsion injury. J Hand Surg Am. 2006Feb;31(2):183-9.
16. Terzis JK, Kostas I. Suprascapular nerve reconstruction in 118 cases of adult posttraumatic brachial plexus. Plast Reconstr Surg. 2006;117(2): 613-6.
17. El-Gammal TA, Fathi NA. Outcome of surgical treatment of brachial plexus injuries using nerve grafting and nerve transfers. J Reconstr Microsurg. 2002;18(1):7-15.
18. Lurje AC. Concerning surgical treatment of traumatic injury of the upper division of the brachial plexus (Erb's-type). Ann Surg. 1948;127(2): 317-26.

Recibido: 16 de octubre de 2011.

Aprobado: 26 de junio de 2012.

Enrique Vergara Amador. Universidad Nacional de Colombia. Ciudad Universitaria. Carrera 23 No. 45C-31 Consultorio 514, Bogotá, Colombia. Teléf.: (571) 2870630-3164106358. Correo electrónico: enriquevergaramd@gmail.com, emvergaraa@unal.edu.co